

## АННОТАЦИЯ

Соловьев А.С. Модернизация опорно-поворотного устройства автокрана на базе Урал-4320 с целью повышения его грузоподъемности. – Челябинск: ЮУрГУ, АТ-502; 2016, – 103 страницы, он включает в себя 17 рисунков, 27 таблиц, 37 наименований в списке литературы и 13 чертежей форматов А1 и А3, и 1 лист с графиками по экономике.

### КРАН. МОДЕРНИЗАЦИЯ. ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ 32 ТОННЫ

В выпускной квалификационной работе в результате оценки и анализа технической характеристики автомобильного крана грузоподъемностью 25 тонн мы пришли к выводу о необходимости усовершенствования конструкции опорно-поворотного устройства крана для увеличения его грузоподъемности.

В проекте представлены пять частей: тягово-динамический расчет автомобиля Урал-4320, конструкторская и технологическая части, в которых предлагаются расчеты для создания усовершенствованной модели поворотной детали крана, организационно-экономическая часть, необходимая для обоснования эффективности предлагаемого мероприятия, и часть БЖД, в которой мы рассматриваем возникающие риски при изготовлении и монтаже опорно-поворотного устройства. Расчет экономической эффективности новых изделий основан на сопоставлении результатов и затрат в сфере производства и в сфере использования.

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Соловьев А.С			Модернизация опорно-поворотного устройства автокрана на базе Урал-4320 с целью повышения его грузоподъемности	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Окольников В.В					3	103
<i>Н. Контр.</i>		Дуюн В.И.			<b>ЮУрГУ КГМиА</b>			
<i>Утверд.</i>		Бондарь В.Н.						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	11
1.1 Исходные данные.....	11
1.2 Расчет тяговых и динамических характеристик автокрана на базе шасси Урал – 4320.....	12
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1 Описание конструкции и работы автокрана Челябинец.....	18
2.2 Расчет элементов опорно-поворотного устройства автокрана.....	20
2.2.1 Расчет роликовой опоры автокрана.....	20
2.2.2 Расчет болтовых соединений автокрана .....	26
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	37
3.1 Выбор заготовки детали.....	37
3.2 План механической обработки.....	38
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	48
4.1 Организационная часть. Общие положения.....	48
4.1.1 Построение сетевой модели дипломного проекта.....	48
4.2 Экономическая часть.....	56
4.2.1 Исходные положения экономического анализа.....	56
4.2.2 Расчет трудоемкости ОКР.....	62
4.2.3 Расчет временных и стоимостных затрат на проектирование опорно-поворотного устройства.....	70
4.3 Прогнозирование себестоимости опорно-поворотного устройства.....	73
4.3.1 Расчет затрат на основные материалы.....	73
4.3.2 Затраты на комплектующие покупные изделия и полуфабрикаты.....	75
4.3.3 Расчет затрат на основные материалы и комплектующие в целом по изделию.....	76
4.3.4 Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих.....	76
4.3.5 Расчет полной себестоимости изделия.....	78
4.4 Определение лимитной цены изделия.....	79
4.5 Расчет уровня капитальных вложений в НИОКР и освоение производства.....	80
4.6 Оценка эффекта от производства и использования изделия.....	81
4.7 Сводные показатели оценки экономической целесообразности проекта.....	82
4.8 Определение точки безубыточности.....	83
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	86

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

5.1 Анализ опасности при изготовлении и установке опорно-поворотного устройства.....	86
5.2 Мероприятия, направленные на снижение риска.....	90
5.2.1 Общие требования для работы на оборудовании, изготавливающем опорно-поворотные устройства.....	90
5.2.2 Общие требования к монтажу опорно-поворотного устройства.....	91
5.2.3 Требования к персоналу.....	92
5.2.4 Требования к пожарной безопасности.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	99

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире технический прогресс набирает свои обороты, растут города, строятся новые производственные и иные предприятия. Механизация тяжелых и трудоемких процессов в данном случае – один из важнейших путей повышения производительности труда в любом виде строительных работ. Недаром неизменными атрибутами любого строительного предприятия является строительная техника [4].

Характерным представителем семейства мобильных строительных машин сегодня стал автокран. В настоящее время эти машины весьма активно используются на строительстве самых различных объектов. Автомобильный кран является мобильным подъемным краном с электрическим или гидравлическим приводом. При этом гидравлический привод имеет целый ряд неоспоримых преимуществ таких, например, как большой диапазон скоростей работы и возможность совмещения в одной машине нескольких крановых функций. Именно это позволяет использовать гидравлические автокраны в самых различных условиях для производства работ самых различных категорий.

Одним из достоинств автокрана является его высокая мобильность, позволяющая в короткий срок доставлять грузоподъемную технику в самые труднодоступные районы. Сегодня просто невозможно себе представить нашу жизнь и производственную деятельность без использования автокранов. Эти мобильные и мощные машины сегодня используются повсеместно: в городах и сельской местности, на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве, при производстве ремонтных работ и в строительстве [4].

Наибольшее применение автокраны нашли при выполнении различных строительного-монтажных операций. Большая грузоподъемность современных автокранов позволяет с их помощью во многих случаях производить погрузочно-разгрузочные работы. На территории России существует несколько предприятий, осуществляющих сборку и выпуск автокранов, например: ОАО

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

«Автокран», ОАО «Галичский автокрановый завод», ОАО «Клинцовский автокрановый завод», ОАО «Челябинский Механический Завод», ЗАО «Газпром-кран» и прочие.

В нашем дипломном проекте мы обратились к работе ОАО «Челябинский механический завод». Мы изучили специфику работы завода и его продукцию. ОАО «Челябинский механический завод» выпускает гусеничные краны марки «ДЭК», автомобильные краны «КС» и переставные краны «КП» с телескопической стрелой под маркой «Челябинец», запасные части для кранов собственного производства, а также оказывает услуги по изготовлению изделий заказчика на собственном оборудовании.

В связи со стремительным развитием строительства спрос на продукцию предприятия сохраняется стабильно высоким. Особенно это касается мобильной строительной техники такой, как автокраны Челябинец на базе шасси Урал, КАМАЗ, МАЗ.

В данной ситуации актуальным вопросом для развивающегося производства является постоянное усовершенствование и модернизация существующих изделий. Именно поэтому темой проекта мы выбрали модернизацию опорно-поворотного устройства автокрана на базе шасси Урал-4320.

Цель нашей работы разработать и предложить к выпуску измененную модель опорно-поворотного устройства, тем самым получив возможность увеличить грузоподъемность крана с 25 тонн до 32 тонн на базе одного и того же шасси. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить конструкцию и работу автокрана Челябинец грузоподъемностью 25 тонн;
- рассчитать тягово-динамические характеристики, элементы опорно-поворотных устройств, роликовой опоры и болтовых соединений;
- рассчитать экономическую целесообразность выпуска новой модели опорно-поворотного устройства;

					<i>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- разработать технологический процесс изготовления детали.

Дипломный проект состоит из введения, 5 частей: тягово-динамической, конструкторской, технологической, организационно-экономической и части безопасности жизнедеятельности, а так же заключения, библиографического списка и приложений.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

## 1.1 Исходные данные

$m_a = 21300$  кг - масса полностью груженого автомобиля

$m_{k1} = 4835$  кг - масса, приходящаяся на передний мост

$m_{k2} = 10485$  кг - масса, приходящаяся на задний мост

$V_{amax} = 85$  км/ч - максимальная скорость

$N_{emax} = 240$  л.с. = 176,5 кВт - максимальная эффективная мощность ДВС

$N_{emax-n_N} = 2100$  об/мин - частота вращения коленчатого вала

$M_{emax} = 667$  кгм - максимальный эффективный момент

$B = 2000$  мм - колея передних колес

$L_a = 4925$  мм - база автомобиля

$B_r = 2500$  мм - габаритная ширина автомобиля

$H_r = 2775$  мм - габаритная высота автомобиля

$B_{ш} = 390$  мм - ширина профиля шины

$D_{ш} = 508$  мм - посадочный диаметр обода шины

$h_{ц} = 1723$  мм - положение центра масс по высоте

$a = 4,2$ м - расстояние от оси симметрии передних колес до центра масс

автомобиля

$b = 1,9$ м - расстояние от оси симметрии задних колес до центра масс

автомобиля

$n_{кп} = 5$  - количество передач в коробке

Передаточные числа коробки передач на различных передачах:

$U_{кп1} = 5,61$ ;

$U_{кп2} = 2,98$ ;

$U_{кп3} = 1,64$ ;

$U_{кп4} = 1,0$ ;

$U_{кп5} = 0,723$

$g_{emin} = 210$  г/л.с. - минимальный удельный эффективный расход топлива

$= 0,36$  - коэффициент суммарного дорожного сопротивления

$f_0 = 0,02$  - коэффициент сопротивления качения при малых скоростях

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

## 1.2 Расчет тяговых и динамических характеристик автокрана на базе шасси Урал – 4320

Коэффициент полезного действия трансмиссии.

КПД трансмиссии можно рассчитать по формуле:

$$\eta_{тр} = 0,96k \cdot 0,971 \cdot 0,995m, \quad (1)$$

где  $k$  - количество пар цилиндрических шестерен, участвующих в передаче крутящего момента от двигателя к ведущим колесам;

$l$  - количество пар конических шестерен;

$m$  - количество шарниров.

$$k = 6; l = 3; m = 10;$$

$$\eta_{тр} = 0,966 \cdot 0,973 \cdot 0,995^{10} = 0,782 \cdot 0,913 \cdot 0,951 = 0,67$$

Коэффициент учета вращающихся колес.

Этот коэффициент показывает, во сколько раз сила, необходимая для разгона с заданным ускорением как поступательно движущихся масса автомобиля, больше силы, необходимой для разгона только поступательно движущихся масс. Он рассчитывается по формуле:

$$\eta_{вр} = 1 + m(U_k 2^{1+2}) / m_a, \quad (2)$$

$$1 = I_m \cdot U_{dk}^2 \cdot U_{гп}^2 \cdot \eta_{тр} / m_a \cdot r_d \cdot g_k, \quad (3)$$

$$2 = I_k / m_a \cdot r_d \cdot g_k, \quad (4)$$

где  $I_m$  - момент инерции маховика двигателя, кгм<sup>2</sup>;

$I_k$  - суммарный момент инерции всех колес автомобиля, кгм<sup>2</sup>;

$m_a$  - масса полностью груженого автомобиля;

$$m = m_a;$$

$$m_a = 15320 \text{ кг};$$

Передаточные числа коробки передач на различных передачах:

$$U_{кп1} = 5,61;$$

$$U_{кп2} = 2,98;$$

$$U_{кп3} = 1,64;$$

$$U_{кп4} = 1,0;$$

$$U_{кп5} = 0,723$$

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



$i_1=0,04-0,06$ ,  $i_2=0,03-0,05$ . Меньшие значения относятся к более тяжелым автомобилям.

$$i_1=0,04, i_2=0,03.$$

$$v_{p1}=1+15320 ((5,61)^2 \cdot 0,04 + 0,03) / 15320 = 2,28,$$

$$v_{p2}=1+15320 ((2,98)^2 \cdot 0,04 + 0,03) / 15320 = 2,25,$$

$$v_{p3}=1+15320 ((1,64)^2 \cdot 0,04 + 0,03) / 15320 = 1,$$

$$v_{p4}=1+15320 ((1)^2 \cdot 0,04 + 0,03) / 15320 = 1,04,$$

$$v_{p5}=1+15320 ((0,723)^2 \cdot 0,04 + 0,03) / 15320 = 1,05,$$

Тяговая характеристика представляет собой графическую зависимость на различных передачах  $P_a = f(V)$  и является основным документом, характеризующим тягово-динамические качества машины. Расчет тяговой характеристики производится в следующем порядке.

Для построения кривых  $P_a = f(V)$  необходимо определить на каждой передаче скорость движения и свободную силу тяги при соответствующей частоте вращения вала двигателя, используя данные скоростной характеристики двигателя и кривую буксования.

$$r_k = 0,952 r_0 = 0,95 \cdot 610 = 0,58 \text{ м.}$$

Передаточные числа трансмиссии коробки передач:

$$i_I = 5,61;$$

$$i_{II} = 2,89;$$

$$i_{III} = 1,64;$$

$$i_{IV} = 1,00;$$

$$i_V = 0,723;$$

$$i_{3,x} = 5,3.$$

Раздаточной коробки:  $i_I = 1,3$ ;  $i_{II} = 2,15$ .

Главной передачи:  $i_{гп} = 7,32$ .

Общее передаточное число  $i_0 = i_{кп} \cdot i_{рк} \cdot i_{гп}$ .

Если включить в раздаточной коробке высшую передачу ( $i_p = 1,3$ ), то получим следующий ряд общих передаточных чисел:  $i_{0I} = 53,38$ ;  $i_{0II} = 27,5$ ;  $i_{0III} = 15,61$ ;

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

$i_{0IV} = 9,52$ ;  $I_{0V} = 6,88$ ;  $i_{03,x} = 50,53$ . При включении в раздаточной коробке понижающей передачи ( $i_{II} = 2,15$ ) получим второй ряд общих передаточных чисел:  $i_{0I} = 88,29$ ;  $i_{0II} = 45,48$ ;  $i_{0III} = 25,81$ ;  $i_{0IV} = 15,74$ ;  $I_{0V} = 11,38$ ;  $i_{03,x} = 83,57$ .

Расчёты выполним для первой передачи в коробке передач и понижающей передачи в раздаточной коробке ( $i_{0I} = 88,29$ ).

Коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля Урал-4320

$$\eta_T = \eta_{кп} \cdot \eta_{рк} \cdot \eta_{гп}, \quad (5)$$

где  $\eta_{кп}$  – к.п.д. коробки передач;

$\eta_{рк}$  – к.п.д. раздаточной коробки;

$\eta_{гп}$ , - к.п.д. главной передачи.

По опытным данным известно, что к.п.д. агрегатов трансмиссии находится в пределах

$\eta_{кп} = 0,94-0,97$  (принимаем  $\eta_{кп} = 0,95$ );

$\eta_{рк} = 0,93-0,97$  (принимаем  $\eta_{рк} = 0,95$ );

$\eta_{гп} = 0,93-0,95$  (принимаем  $\eta_{гп} = 0,94$ ).

В результате получим  $\eta_T = 0,85$ .

Принимаем  $K_w = 0,06$ .

1. Определим скорость движения автомобиля на различных частотах вращения коленчатого вала двигателя по формуле:

$$V_1 = 0.377((n_d \cdot r_k) / i_{0I}), \text{ км/час.} \quad (6)$$

Получим:

$$V_1 = 0.377((900 \cdot 0,58) / 88,29) = 2,23 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((1200 \cdot 0,58) / 88,29) = 2,97 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((1500 \cdot 0,58) / 88,29) = 3,72 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((1800 \cdot 0,58) / 88,29) = 4,46 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((2100 \cdot 0,58) / 88,29) = 5,2 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((2400 \cdot 0,58) / 88,29) = 5,94 \text{ км/ч.};$$

$$V_1 = 0.377((2600 \cdot 0,58) / 88,29) = 6,44 \text{ км/ч.}$$

2. Определим силу тяги по двигателю по формуле:

$$P_{di} = (270N_d \eta_T) / V_i, \text{ кгс} \quad (7)$$

Так же, как и в предыдущем расчёте, определим силу тяги по двигателю для различных оборотов двигателя

$$P_{di} = (270 \cdot 68 \cdot 0,85) / 2,23 = 6998 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 99,3 \cdot 0,85) / 2,97 = 7673 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 122 \cdot 0,85) / 3,72 = 7539 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 157,2 \cdot 0,85) / 4,46 = 8120 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 182,2 \cdot 0,85) / 5,2 = 8041 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 201,3 \cdot 0,85) / 5,94 = 7778 \text{ кгс};$$

$$P_{di} = (270 \cdot 210 \cdot 0,85) / 6,44 = 7484 \text{ кгс}.$$

Силу сопротивления воздуха, как и в предыдущих расчетах, учитываем только при скорости 40 км/ч и более.

3. Динамический фактор определяем по формуле

$$D_i = (P_{di} - P_{wi}) / G \quad (8)$$

Определим динамический фактор для первой передачи

$$D_i = 6998 / 13425 = 0.52;$$

$$D_i = 7673 / 13425 = 0.57;$$

$$D_i = 7539 / 13425 = 0.56;$$

$$D_i = 8120 / 13425 = 0.61;$$

$$D_i = 8041 / 13425 = 0.6;$$

$$D_i = 7778 / 13425 = 0.58;$$

$$D_i = 7484 / 13425 = 0.56.$$

Аналогичные расчёты выполняем и для других передач.

Результаты расчётов сводим в таблицу 1.1, по которым строим динамическую характеристику автомобиля Урал–4320 (рисунок 1.1).

Следует иметь ввиду, что из-за некоторой неточности исходных данных отдельные точки графиков динамических характеристик при расчетах могут "выпадать". В связи с этим построение графиков целесообразно осуществлять не менее чем по 5-6 точкам (в наших примерах расчёты велись по семи точкам).

Таблица 1.1 – Результаты расчёта тяговой и динамической характеристик автомобиля Урал-4320

Передачи	Параметры	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7
I КП +1РК	V, км/ч	3,69	4,92	6,15	7,38	8,61	9,84	10,66
	P <sub>д</sub> , кгс							
	D	0,315	0,345	0,34	0,37	0,36	0,35	0,34
II КП +1РК	V, км/ч	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	20,8
	P <sub>д</sub> , кгс							
	D	0,16	0,177	0,174	0,19	0,185	0,18	0,173
III КП +1РК	V, км/ч	12,6	16,8	21,0	25,2	29,4	33,6	36,4
	P <sub>д</sub> , кгс							
	D	0,092	0,10	0,10	0,11	0,11	0,1	0,1
IV КП +1РК	V, км/ч	20,7	27,6	34,5	41,4	48,3	55,2	59,8
	P <sub>д</sub> , кгс							
	P <sub>ш</sub> , кгс	14,1	25,1	39,3	56,6	77,0	100,6	
	D	0,055	0,06	0,057	0,06	0,058	0,055	0,051
V КП +1РК	V, км/ч	28,8	38,4	48,0	57,6	67,2	76,8	83,2
	P <sub>д</sub> , кгс							
	P <sub>ш</sub> , кгс	27,4	48,7	76,0	109,5		194,6	228,4
	D	0,038	0,0406	0,038	0,039	0,035	0,03	0,026
I КП +2РК	V, км/ч	2,23	2,97	3,72	4,46	5,2	5,94	6,44
	P <sub>д</sub> , кгс							
	D	0,52	0,56	0,57	0,61	0,6	0,58	0,56

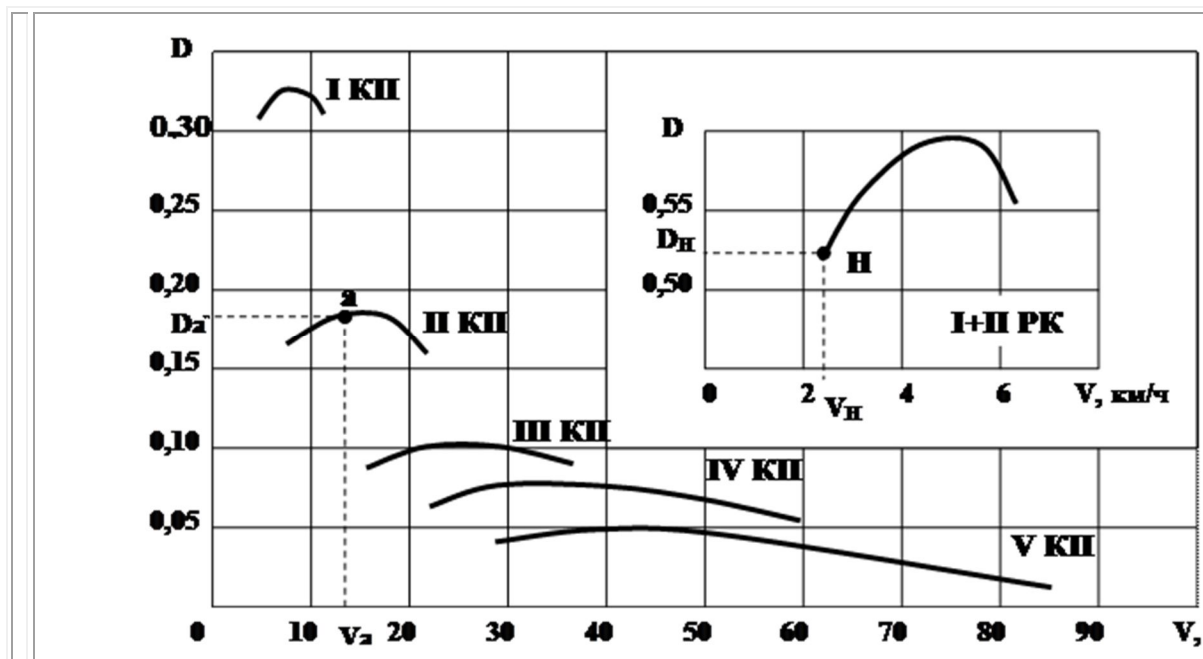


Рисунок 1.1 – Динамическая характеристика автомобиля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Описание конструкции и работы автокрана «Челябинец»

Автокран «Челябинец» предназначен для погрузочно–разгрузочных работ на рассредоточенных объектах. В нашей работе мы рассматриваем автокран, смонтированный на шасси автомобиля УРАЛ 4320 высокой проходимости. Все оси шасси ведущие, имеется возможность блокировки межосевого дифференциала, что улучшает возможность передвижения по строительным площадкам. Крановая поворотная часть крепится к шасси посредством опорно-поворотного устройства.

Опорно–поворотное устройство передает нагрузки от поворотной части платформы на неповоротную (ходовую) часть машины и обеспечивает вращение поворотной платформы с рабочим оборудованием, а также для передачи всех основных и дополнительных нагрузок, действующих на поворотную часть в процессе работы.

На автомобильных кранах применяют два типа опорно–поворотных устройств:

- 1 – шариковые ОПУ,
- 2 – нормализованные роликовые ОПУ.

Шариковое и роликовое опорно-поворотное устройство автокрана представляет собой большое кольцо, к которому прикреплена стационарная рама. В кольце выполняются кольцевые беговые дорожки. Кроме этого, в конструкцию опорно-поворотного устройства входят шарики, ролики и пара колец, скрепленных между собой болтами и связанных с поворотной платформой. Ролики, играющие роль тел качения в конструкции, укладываются через один таким образом, что половина их воспринимает опорные нагрузки, а вторая половина – отрывающие. Механизм вращения поворотного отсека состоит из двигателя, соединительной муфты, тормоза, редуктора, ведущей шестерни и зубчатого венца с внутренним или внешним зацеплением.

Шариковое опорно –поворотное устройство выполнено в виде радиально-

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

упорного двухрядного шарикоподшипника и состоит из внутренней и наружной обойм и двух рядов шариков между ними. Наружная обойма крепится к поворотной раме болтами и состоит из верхнего и нижнего колец, которые сцентрированы между собой буртиком и стянуты болтами. Между кольцами установлена регулировочная прокладка. Шарики разделены пластмассовыми сухариками, выполняющими роль сепаратора.

Роликовое опорно-поворотное устройство автокрана представляет собой конструкцию, состоящую из колец – наружного и внутреннего, между которыми установлены перекрестно короткие цилиндрические ролики, отличается от шарикового большей грузоподъемностью, меньшими массой и габаритами, равномернее передает нагрузку. Оно состоит из внутреннего кольца, которое крепится к ходовой раме, скрепленных между собой верхнего и нижнего наружных колец, которые крепятся к поворотной раме, и роликов. Все крепления выполнены на болтах.

Опорно-поворотные устройства роликовые однорядные с зубьями наружного и внутреннего зацепления (роликовые ОПУ автокрана) предназначены для применения в качестве основного базового узла в грузоподъемных машинах и механизмах, таких как экскаваторы, автомобильные, башенные, стреловые краны и строительные вышки, имеющих рабочий поворотный орган с частотой вращения до 16 об/мин.

В дипломном проекте мы рассматриваем установку роликового опорно-поворотного устройства на платформу автокрана Челябинец.

Преимущество нормализованных роликовых опорно-поворотных устройств заключается в том, что этот вид ОПУ более долговечен и надежен, обладает большей грузоподъемностью

Такие опорно –поворотные устройства характеризуются эксплуатационной надежностью и долговечностью, большой грузоподъемностью, равномерностью передаваемой нагрузки, не требуют больших объемов работ, связанных с эксплуатационными регулировками и смазыванием.

## 2.2 Расчет элементов опорно–поворотного устройства автокрана

### 2.2.1 Расчет роликовой опоры автокрана

Для расчета несущей способности опорно– поворотного устройства в качестве исходных данных задаются:

- а) конструктивная схема устройства;
- б) материал и параметры, характеризующие качество рабочих поверхностей;
- в) вес и координаты центра тяжести поворотной части крана относительно оси вращения крана и торцевой плоскости верхней направляющей;
- г) грузовая характеристика крана;
- д) ветровая нагрузка, действующая на поворотную часть крана и груз;
- е) окружное усилие в зацеплении;
- ж) расположение механизма вращения относительно плоскости подвеса стрелы.

Внешние нагрузки, действующие на опорно-поворотное устройство, должны быть сведены к равнодействующим:

$$M=(Q_{cm} + Q_q)(r_q \cos\gamma + h_g \sin\gamma) - G(r_q \cos\gamma + h_g \sin\gamma) + W_B h_W ; \quad (10)$$

$$Q=G + Q_{cm} ; \quad (11)$$

$$R=N\cos\varphi + Qtg\gamma + W_B, [17, 23]; \quad (12)$$

где  $M$  – опрокидывающий момент, действующий в плоскости подвеса стрелы, кгм;  $Q$  – осевая нагрузка, кг;  $R$  – радиальная нагрузка, кг;  $G$  – вес поворотной части крана, кг;  $Q_{cm} + Q_q$  – статистическая и динамическая рабочая нагрузка на крюке, кг;

$W_B$  – расчетная ветровая нагрузка, действующая на груз и поворотную часть крана в плоскости подвеса стрелы в направлении от стрелы к противовесной

					<i>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20



части крана в случае расчета ОПК на действие противовеса (без груза на крюке), кг;

$N$  - расчетная нормальная нагрузка в зацеплении, кг;

$r_g, r_q$  - координаты точки приложения сил  $G, Q_{cm}, Q_d$  относительно оси вращения устройства, м;

$h_g, h_q, h_w$  - координаты точек приложения сил  $G, Q_{cm}, Q_d$  и  $W_B$  относительно торцевой плоскости верхней направляющей, м;

$\gamma$  - угол наклона крана;

$\varphi$  - угол между направлением силы  $N$  и плоскостью подвеса стрелы.

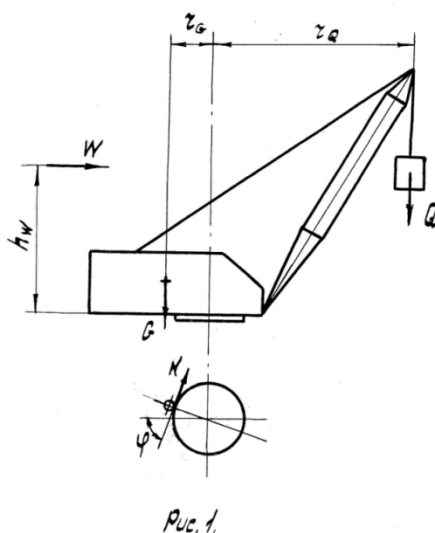


Рисунок 2.1 – Расчет внешних нагрузок

Первый расчетный вариант: максимальная рабочая нагрузка

Стрела 14м, груз 25м, вылет 4,75м

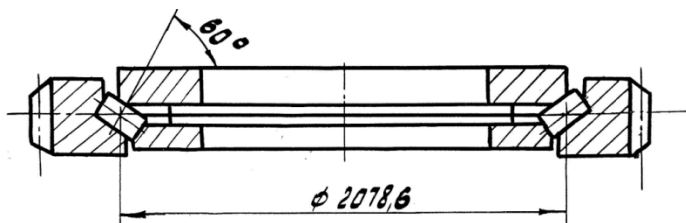


Рисунок 2.2 – конструктивная схема устройства

Материал: Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71

Поверхность катания HRC 52....57

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$Q_{cm} = 25000 \text{ кг};$$

$$Q_d = 0.1(Q_{cm} + G_{кр.об}) = 0.1(25000 + 358) = 2536 \text{ кг}$$

$$r_g = (M_{x \text{ пов}} + M_{x \text{ стр}})/G \quad (13)$$

где  $M_{x \text{ пов}}$  – момент опрокидывающий поворотной части крана относительно оси вращения, кг/м;

$M_{x \text{ стр}}$  – момент опрокидывающий от веса стрелы, кг/м;

$$M_{x \text{ пов}} = 41307 \text{ кг/м}$$

$$M_{x \text{ стр}} = 8547 \text{ кг/м}$$

$$G = G_{пов} + G_{отр} \quad (14)$$

$$G_{пов} = 2555 + 650 + 620 + 477 + 915 + 430 + 3200 + 55 + 10400 + 245 + 175 + 75 + 375 = 20172 \text{ кг}$$

$$G_{отр} = 2933 \text{ кг}$$

$$G = 20172 + 2933 = 23105 \text{ кг}$$

$$r_g = (41307 - 8547)/23105 = 1,418 \text{ м}; \quad h_g = (M_{x \text{ пов}} + M_{x \text{ стр}})/G - 1,12 \text{ м};$$

где 1,12 – расстояние от верхней грани колес до торцевой плоскости верхней направляющей.

$$M_{y \text{ пов}} = 4344 + 1015 + 963 + 1534 + 2315 + 946 + 7306 + 108,4 + 17532 + 507 + 333 + 213 + 675 = 37791 \text{ кгм};$$

$$M_{y \text{ отр}} = 31086 \text{ кгм};$$

$$h_g = (37791 + 31086)/23105 - 1,12 = 2,981 - 1,12 = 1,861 \text{ м};$$

$$r_q = 4,75 \text{ м}; \quad h_q = 13,7 - 1,12 = 12,58 \text{ м}; \quad \gamma = 3^\circ$$

$$W \cdot h_w = W_{стр} h_{стр} + W_{порт} h_{порт} + W_{куз} h_{куз} + W_{каб} h_{каб} + W_{кбл} h_{кбл} + W_{гр} h_{гр} \quad (15)$$

$$W_{стр} = 160 \text{ кг}; \quad h_{стр} = \rho_{стр}^N + 0,4;$$

где  $\rho_{стр}$  – координата точки приложения ветровой нагрузки на стрелу относительно оси стрелового шарнира, м;

0,4 м – координата оси стрелового шарнира относительно верхней грани ОПК;

$$h_{стр} = 8,6 + 0,4 = 9,0 \text{ м};$$

$$W_{\text{порт}} = 142H = 14,5 \text{ кг};$$

$$h_{\text{порт}} = \rho_{\text{порт}} - 1,12 = 3,18 - 1,12 = 2,06 \text{ м.}$$

где  $\rho_{\text{порт}}$  – координата точки приложения ветровой нагрузки на портал относительно опорного контура, м;

1,12м – расстояние от верхней грани ОПК до опорного контура

$$W_{\text{куз}} = 775H = 79,1 \text{ кг};$$

$$h_{\text{куз}} = \rho_{\text{куз}} - 1,12 = 2,68 - 1,12 = 1,56 \text{ м};$$

$$W_{\text{каб}} = 315H = 32,1 \text{ кг};$$

$$h_{\text{каб}} = \rho_{\text{каб}} - 1,12 = 2,68 - 1,12 = 1,56 \text{ м};$$

$$W_{\text{кбл}} = 14,5 \text{ кг};$$

$$h_{\text{кбл}} = \rho_{\text{кбл}} - 1,12 = 9,56 - 1,12 = 8,44 \text{ м};$$

$$W_{\text{гр}} = 344 \text{ кг};$$

$$h_{\text{гр}} = h_q = 13,7 - 1,12 = 12,58 \text{ м};$$

$$W \cdot h_w = 160 \cdot 9 + 14,5 \cdot 2,06 + 79,1 \cdot 1,56 + 32,1 \cdot 1,56 + 13,5 \cdot 8,44 + 344 \cdot 12,58 = 1440 + 29,87 + 123,4 + 50,08 + 122,4 + 4327,5 = 6093 \text{ кг}$$

$$M = (25000 + 2536)(4,75 \cdot \cos 3^\circ + 12,58 \cdot \sin 3^\circ) - 23105(1,418 \cdot \cos 3^\circ - 1,861 \cdot \sin 3^\circ) + 6093 = 27536 \cdot 5,402 - 23105 \cdot 1,319 + 6093 = 148749 - 30475 + 6093 = 124371 \text{ кгм};$$

$$Q = G + Q_{\text{см}} = 23105 + 25000 = 48105 \text{ кг};$$

$$R = N \cos \varphi + Q \tan \gamma + W \quad (16)$$

$$N = M_B / D \times 2 \quad (17)$$

где  $M_B$  – крутящий момент на вертикальном валу механизма вращения

$D$  – диаметр делительной окружности шестерни;

$$M_B = M_{\text{Э}} \cdot i_{\text{ред}} \cdot i_{\text{к.л.}} \quad (18)$$

где  $M_{\text{Э}}$  – момент на валу электродвигателя;

механизм вращения рассчитывается на  $M_{\text{ш}} = 2M_{\text{н дв.}}$

$$M_{\text{Э}} = 2 \cdot 975 \text{ Н} / n \quad (19)$$

где  $N$  – мощность электродвигателя МТФ-311-В ГОСТ 185-70;

$$N = 7,5 \text{ кВт}$$

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

n - число оборотов электродвигателя;

$$n = 695 \text{ об/мин}$$

$$M_{\text{Э}} = 2 \cdot 975 \cdot 7,5 / 695 = 2104 \text{ кгм};$$

$$i_{\text{ред}} = 20,17;$$

$$i_{\text{к.л.}} = 39/16;$$

$$M_{\text{В}} = 21,04 \cdot 20,17 \cdot 39/16 = 1034,4 \text{ кгм};$$

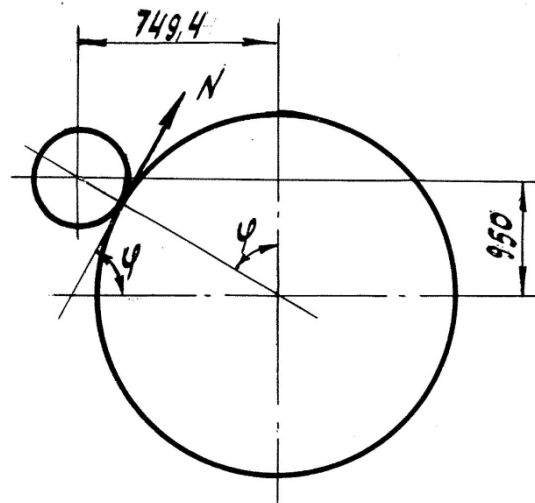


Рисунок 2.3 – Контактные нагрузки

$$D = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м};$$

$$N = 1034,4 / 0,15 \times 2 = 13792 \text{ кг};$$

$$\cos \varphi = 950 / \sqrt{950^2 + 749,4^2} = 0,78512;$$

$$\text{tg} \gamma = \text{tg} 3^\circ = 0,0524;$$

$$W = \Sigma W = 160 + 14,5 + 79,1 + 32,1 + 14,5 + 344 = 644 \text{ к};$$

Определение контактных нагрузок и напряжений в опорно-поворотном устройстве

Величина максимальной нагрузки:

$$P = 8M/Dz \sin \alpha + 2Q/z \sin \alpha + 5R/z \cos \alpha, \text{ кг} \quad (20)$$

где D - диаметр устройства по центрам тел.. м;

z - количество тел качения в одном ряду;

$\alpha$  - угол кнтакта, образованный направлением реакции тела качения и плоскостью, перпендикулярной к оси вращения;

$$D = 2,078 \text{ м}; z = 158; \alpha = 60^\circ ;$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\sin 60^\circ = 0,866; \cos 60^\circ = 0,5;$$

$$P = 8 \cdot 124371 / 2.078 \cdot 158 \cdot 0.866 + 2 \cdot 48105 / 158 \cdot 0.866 + 5 \cdot 13992 / 158 \cdot 0.5 = \\ = 3499,4 + 703 + 885,6 = 5088 \text{ кг};$$

Величина контактного напряжения для линейного контакта:

$$\delta_{\text{л}} = 610 \sqrt{2P / ld} \text{ , кг/см} \quad (21)$$

где  $d = 3,6$  см – диаметр ролика;

$l = 3,54$  см – рабочая длина ролика;

$$\delta_{\text{л}} = 610 \sqrt{\frac{2 \cdot 5088}{3.54 \cdot 3.6}} = 610 \cdot 28,26 = 17239 \text{ кг/см};$$

$[\delta_{\text{л}}] = 23000 \text{ кг/см}^2$  – допускаемое напряжение для дорожек качения из стали 50;  $\delta_{\text{л}} < [\delta_{\text{л}}]$ ;

Второй расчетный вариант: кран не нагружен.

Стрела 14 м, вылет 4,75 м.

$$M = (Q_{\text{см}} + Q_{\text{д}})(r_{\text{q}} \cos \gamma + h_{\text{q}} \sin \gamma) - G(r_{\text{г}} \cos \gamma - h_{\text{г}} \sin \gamma) + W_{\text{г}} h_{\text{w}} \quad (22)$$

$$Q = G + Q_{\text{см}}; Q_{\text{см}} = 0; Q = G;$$

$$R = N \cos \varphi + Q \tan \gamma + W_{\text{г}} \quad (23)$$

$$Q = 0,1 \cdot G_{\text{кр.об}} = 0,1 \cdot 358 = 35,8 \text{ кг};$$

$$G = 23105 \text{ кг};$$

$$r_{\text{г}} = 1,418 \text{ м}; r_{\text{q}} = 4,75 \text{ м}; h_{\text{г}} = 1,861 \text{ м}; h_{\text{q}} = 12,58 \text{ м};$$

$$\gamma = 3^\circ;$$

$$W_{\text{г}} h_{\text{w}} = W_{\text{стр}} h_{\text{стр}} + W_{\text{порт}} h_{\text{порт}} + W_{\text{куз}} h_{\text{куз}} + W_{\text{кбл}} h_{\text{кбл}} + W_{\text{каб}} h_{\text{каб}} \quad (24)$$

$$W_{\text{г}} h_{\text{ц}} = 160 \cdot 9 + 14,5 \cdot 2,06 + 79,1 \cdot 1,56 + 14,5 \cdot 8,44 + 32,1 \cdot 1,56 = 1440 + 29,87 + + \\ 123,4 + 122,4 + 50,08 = 1766 \text{ кгм};$$

$$M = (0 + 35,8)(4,75 \cdot \cos 3^\circ + 12,58 \cdot \sin 3^\circ) - 23105(1,418 \cdot \cos 3^\circ - 1,861 \cdot \sin 3^\circ) + \\ + 1766 = 35,8(4,75 \cdot 0,9986 + 12,58 \cdot 0,0523) - 23105(1,418 \cdot 0,9986 - 1,861 \cdot \\ \cdot 0,0523) + 1766 = 35,8 \cdot 5,402 - 23105 \cdot 1,319 + 1766 = 193,4 - 30475,5 + 1766 = \\ = -28516 \text{ кгм}$$

$$Q = G = 23105 \text{ кг};$$

$$R = 13798 \cdot 0,78512 + 23105 \cdot 0,0524 + 300 = 10828 + 1208 + 300 = 12336 \text{ кг};$$

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$M = - 28516 \text{ кгм}$$

$$Q = 23105 \text{ кг}$$

$$R = 12336 \text{ кг}$$

Определение контактных нагрузок и напряжений в опорно– поворотном устройстве

Величина максимальной контактной нагрузки:

$$P = 8M/Dz\sin\alpha + 2Q/z\sin\alpha + 5R/z\cos\alpha \quad (25)$$

$$P = 8 \cdot 28516 / 2,078 \cdot 158 \cdot 0,866 + 2 \cdot 23105 / 158 \cdot 0,866 + 5 \cdot 12336 / 158 \cdot 0,5 = 802,3 + 337,7 + 780,8 = 1921 \text{ кг};$$

Величина контактного напряжения для линейного контакта:

$$\delta = 610 \sqrt{2P/ld} = 610 \sqrt{\frac{2 \cdot 1921}{3,54 \cdot 3,6}} = 610 \cdot 17,35 = 10583 \text{ кг/см}^2;$$

$$\delta_{л} < [\delta_{л}] = 23000 \text{ кг/см}, [20, 381];$$

## 2.2.2 Расчет болтового соединения автокрана

Болты крепления среднего погона к ходовой платформе должны располагаться по окружности погона равномерно, т.к. расположение плоскости действия опрокидывающего момента непостоянно для среднего погона и зависит от положения поворотной части крана относительно неповоротной, т.е. максимальную нагрузку может испытывать любой болт.

Количество болтов  $n = 48$ ;

Диаметр болтов  $d_o = 30 \text{ мм}$ ;

Материал болтов – сталь 45-2 ГОСТ 1050-74 НВ 220...260

Осевая нагрузка на один болт<sup>1</sup>

$$N\delta = Q/n (1 - 4C_x / D\delta), \quad (26)$$

где  $Q = 48105 \text{ кг}$ ;

$C$  – координаты центра тяжести поворотной части крана относительно оси вращения (кран с грузом);

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$C_x = \sum M_{нов} - M_x_{гр} / \sum G_{нов} - G_{гр} \quad (27)$$

$$G_{гр} = 25000 \text{ кг}; M_x_{гр} = 25000 \cdot 4,75 = 118750 \text{ кг};$$

$$C_x = (41307 - 118750) / (231050 + 25000) = -77443 / 48105 = -1,61 \text{ м};$$

$$D\delta = 2,184 \text{ м} - \text{диаметр окружности расположения болтов};$$

$$N\delta = 48105 / 48 (1 - 4 \cdot 1,16 / 2,184) = 1002,2 (1 - 2,95) = 1954 \text{ кг};$$

Расчетная осевая нагрузка на болт

$$Q = Q_0 + xP\Sigma \quad (28)$$

где  $Q_0$  – величина предварительной затяжки, определяется по двум условиям: а) не раскрытия стыка; б) отсутствия сдвига. Из двух полученных значений в формулу подставляется большее;

$P\Sigma$  – основная нагрузка;

$$P\Sigma = M_{\max} / \sum_1^2 li^2 = Q\Sigma / Z \quad (29)$$

где  $M$  – опрокидывающий момент;

$l_{\max}$  – расстояние от оси поворота стыка до наиболее удаленного болта;

$\sum_1^2 li^2$  – сумма квадратов расстояний от оси поворота стыка до оси каждого болта;

$x$  – коэффициент основной нагрузки, зависит от податливости болта и стягиваемых деталей;

Определение величины предварительной затяжки  $Q_0$

1. Их условий не раскрытия стыка:

$$Q_0 = 1 / Z (F_{\text{стык}} / W_{\text{стык}} (M - Q\Sigma)) \quad (30)$$

где  $F_{\text{стык}}$  – площадь стыка;

$W_{\text{стык}}$  – момент сопротивления площади стыка относительно оси поворота;

$$F_{\text{стык}} = \pi/4 (D_n^2 - D_b^2) \quad (31)$$

где  $D_n, D_b$  – наружный и внутренний диаметры, ограничивающие площадь стыка;

$$D_n = 2240 \text{ мм};$$

$$D_b = 2110 \text{ мм};$$

$$F_{\text{стык}} = \pi/4 (224^2 - 211^2) = 0,785 \cdot (50176 - 44521) = 4439 \text{ см}^2 = 0,444 \text{ м}^2$$

$M = 124371$  кгм – опрокидывающий момент;

$Q = 48105$  кг – осевая нагрузка;

$Q_0 = 1/48 (0,444/0,243 \cdot 124371 - 48105) = 0,0208 \cdot 179141 = 3726$  кг;

2. Из условия отсутствия сдвига на поверхность стыка под действием усилия  $R$ ;

$$Q_0 = \beta/Z [R/f - Q(1-X)] \quad (32)$$

где  $\beta = 1,5$  – коэффициент запаса по плотности стыка при постоянной нагрузке<sup>2</sup>

$z = 48$  - количество болтов;

$R = 13992$  кг;

$Q = 48105$  кг;

$f = 0,15$  – коэффициент трения для стыка

$X = 0,3$  – коэффициент основной нагрузки

$Q_0 = 1,5/48 [13992/0,15 - 48105(1 - 0,3)] = 0,031[93280 - 33673,5] = 1848$  кг;

Нагрузка на болт:

$$P_{\Sigma} = M l_{\max} / \sum_1^{13} l_i^2 - Q/Z \quad (33)$$

где  $l_{\max} = 1,092$  м – расстояние от оси поворота стыка до оси наиболее удаленного от неё болта;

$\sum_1^{13} l_i^2$  – сумма квадратов расстояний от оси поворота стыка до оси каждого болта (см. схему лист 16)

$\sum_1^{13} l_i^2 = 2 \cdot 1,092^2 + 4(1,083^2 + 1,055^2 + 1,009^2 + 0,946^2 + 0,866^2 + 0,772^2 + 0,665^2 + 0,546^2 + 0,418^2 + 0,283^2 + 0,143^2) = 2,385 + 4(1,173 + 1,113 + 1,018 + 0,895 + 0,75 + 0,596 + 0,442 + 0,298 + 0,175 + 0,08 + 0,02) = 2,385 + 26,24 = 28,625$  м<sup>2</sup>

$P_{\Sigma} = 124371 \cdot 1,092 / 28,625 - 48105 / 48 = 4744,6 - 1002,2 = 3742,4$  кг;

Из двух полученных значений  $Q_0$  выбираем большее  $Q_0 = 3726$  кг – из условия не раскрытия стыка.

Расчетная нагрузка:

\_\_\_\_\_

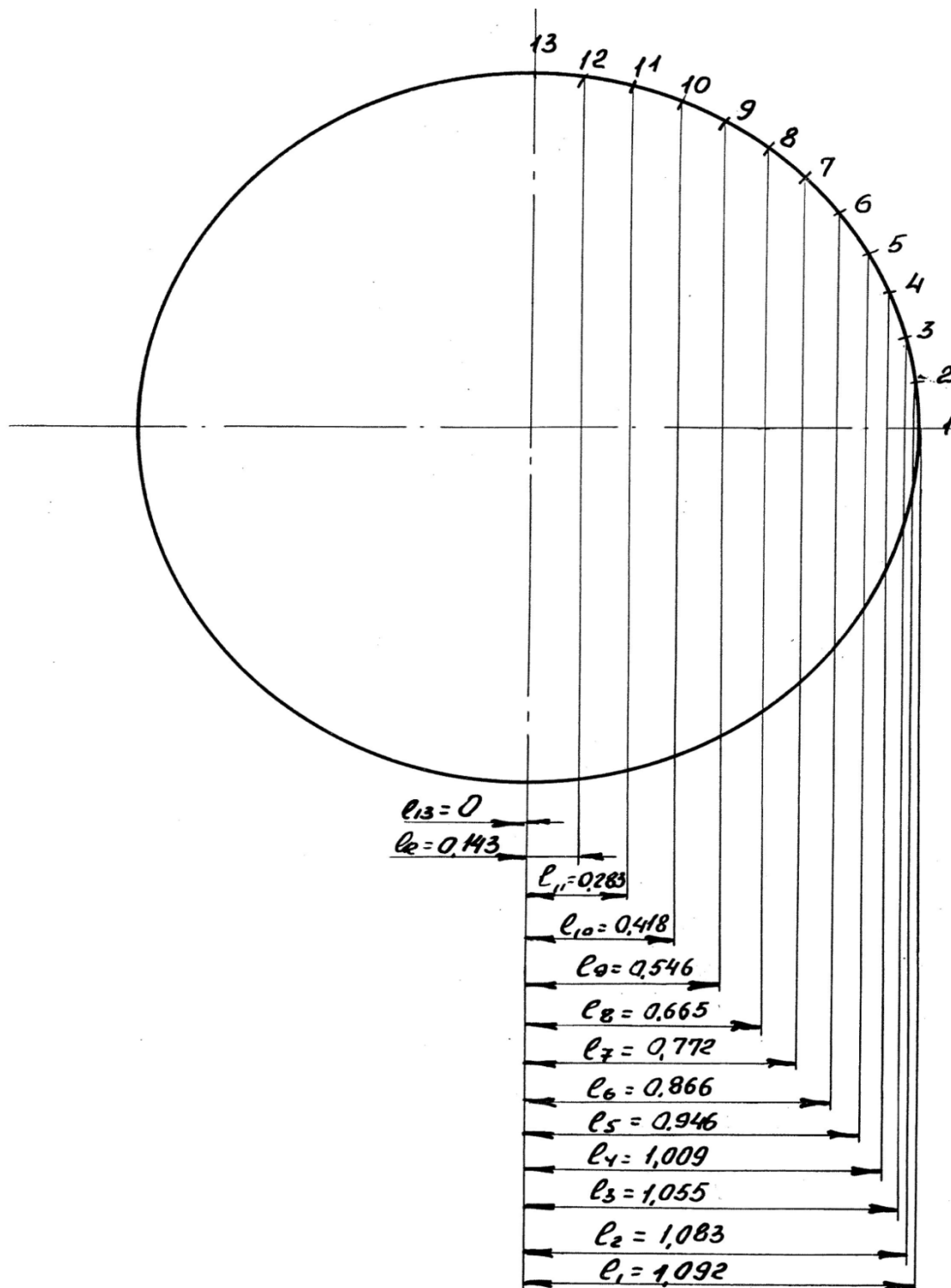


$$Q = Q_0 + xP\Sigma$$

$$Q = 3726 + 0,3 \cdot 3742,4 = 4849 \text{ кг};$$

Напряжение от растяжения:

$$\delta_p = 4Q / d_p^2 \pi = 4 \cdot 4849 / 2.7835^2 \cdot 3.14 = 797 \text{ кг/см};$$



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР

Лист

29

$$\tau_k = M_k / \frac{\pi}{16} d_p^3 \quad (33)$$

где  $M_k$  – крутящий момент в резьбе;

$$M_k = Q_o \cdot d_2 / 2 (S / \pi d_2 + f_p) \quad (34)$$

$$d_p = d_1 = 27,835 \text{ мм};$$

$$d_2 = 28,701 \text{ мм} – \text{средний диаметр резьбы};$$

$$s = 2 \text{ мм} – \text{шаг резьбы};$$

$$f_p = 0,23 – \text{коэффициент трения в резьбе};$$

$$M_k = 3726 \frac{2,8701}{2} \left( \frac{0,2}{3,14 \cdot 2,8701} + 0,23 \right) = 1348 \text{ кг} \times \text{см};$$

$$\tau = 1348 \cdot 16 / 3,14 \cdot 2,78835^3 = 318,5 \text{ кг/см}^2;$$

Эквивалентное напряжение:

$$\delta_{эв} = \sqrt{\delta_{эв}^2 + 3\tau_k^2} \leq [\delta_p] \quad (35)$$

$$\delta_{эв} = \sqrt{797^2 + 3 \cdot 318,5^2} = \sqrt{635209 + 304326,7} = 969 \text{ кг/см};$$

Запас прочности:

$$n = \delta_T / \delta_{эв} \quad (36)$$

где  $\delta_T = 4000 \text{ кг/см}^2$  – предел текучести для стали 45, [20, 392]

$$n = 4000 / 969 = 4,13 > [n]; [n] = 2,5 \div 4,0$$

Расчет болтового крепления среднего погона без учета действия дополнительных нагрузок.

Нагрузка на один болт  $N\delta = 1954 \text{ кг}$ .

Расчетная осевая нагрузка на болт:

$$Q = Q_o + xP\Sigma;$$

где  $Q_o$  – величина предварительной затяжки;

а) из условия нераскрытия стыка:

$$Q_o = 1 / Z (F_{\text{стк}} / W_{\text{стк}} (M - Q \Sigma)) \quad (37)$$

где  $z = 48$ ;

$$F_{\text{стк}} = 0,444 \text{ м}^2$$

$$W_{\text{стк}} = 0,243 \text{ м}^2$$

$$M = M_k = 77443 \text{ кгм};$$

$$Q\Sigma = Q = 48105 \text{ кг};$$

$$Q_o = 1/48 (0,444/0,242 \cdot 77443 - 48105) = 1945 \text{ кг};$$

б) из условия отсутствия сдвига на поверхности стыка под действием усилия R:

$$Q_o = \beta/Z [R/f - Q(1-K)]; Q_o = 1848 \text{ кг.}$$

Нагрузка на болт:

$$P\Sigma = Ml_{\max} / \sum_1^{13} li^2 - Q/Z = 77443 \cdot 1.092 / 28.625 = 1952 \text{ кг};$$

Из двух полученных значений  $Q_o$  выбираем большее  $Q_o = 1945 \text{ кг}$  – из условия нераскрытия стыка;

Расчетная нагрузка:

$$Q = Q_o + xP\Sigma = 1945 + 0,3 \cdot 1952 = 2531 \text{ кг};$$

Напряжение от растяжения

$$\delta_p = 4Q / d_p^2 \pi = 4 \cdot 2531 / 2,7835^2 \cdot 3,14 = 416 \text{ кг/см}^2$$

Кроме того, болты испытывают касательные напряжения от кручения:

$$\tau_c = M_k / \frac{\pi}{16} d_p^3 \quad (38)$$

$M_k$  - крутящий момент в резьбе;

$$M_k = Q_o \cdot (d_2 / 2) (S / \pi d_2 + f_p) \quad (39)$$

$$M_k = 1945 \cdot (2,8701/2) (0,2 / (3,14 \cdot 2,8701) + 0,23) = 704 \text{ кгсм};$$

$$\tau = \frac{704 \cdot 16}{3,14 \cdot 2,7835^3} = 166 \text{ кг/см}^2;$$

Эквивалентное напряжение:

$$\delta_{эв} = \sqrt{\delta_{эв}^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{416^2 + 3 \cdot 166^2} = \sqrt{173056 + 82668} = 506 \text{ кг/см} < [\delta_p]$$

Коэффициент запаса прочности:

$$n = \delta_T / \delta_{эв} = 4000 / 506 = 7,9 > [n]; \quad [n] = 2,5 \div 4,0;$$

Расчет болтового крепления верхнего и нижнего погона.

Количество болтов –  $n = 32$ ;

Диаметр болтов –  $d_o = 30 \times 2$ ;

Материал болтов – сталь 45-2 ГОСТ 1050-74

Нагрузка на один болт

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$N\delta = Q/n (1 - 4C_x / D\delta) \quad (40)$$

где  $Q = 48105$  кг;

$C_x = -1,16$  м - координаты центра тяжести поворотной части крана относительно оси вращения крана (кран с грузом);

$D\delta = 1,95$  м – диаметр окружности расположения болтов;

$$N\delta = 48105/32 (1 - (4 \cdot 1,61) / 1,95) = 1503 \cdot (1 - 3,3) = 3460 \text{ кг};$$

Расчетная осевая нагрузка на болт, [11, 658]

$$Q = Q_0 + xP\Sigma;$$

где  $Q_0$  – величина предварительной затяжки, определяется по двум условиям:

1) Из условия не раскрытия стыка

$$Q_0 = 1 / Z (F_{\text{стык}} / W_{\text{стык}} (M - Q\Sigma)) \quad (41)$$

где  $F_{\text{стык}}$  – площадь стыка;

$W_{\text{стык}}$  – момент сопротивления площади стыка относительно оси поворота крана;

$$F_{\text{стык}} = \pi/4 (D_H^2 - D_B^2) \quad (42)$$

где  $D_H = 2070$  мм;  $D_B = 1900$  мм;

$$F_{\text{стык}} = 3,14/4 (2,07^2 - 1,9^2) = 0,785(4,285 - 3,61) = 0,53 \text{ м}^2 ;$$

$$W_{\text{стык}} = 0,1D_H^3 (1 - D_B^4 / D_H^4) = 0,1 \cdot 2,07^3 (1 - 1,9^4 / 2,07^4) = 0,887(1 - 0,71) = 0,257 \text{ м}^3;$$

$M = 123371$  кгм – опрокидывающий момент;

$$Q\Sigma = 48105 \text{ кг};$$

$$Q_0 = 1/32((0,53/0,257) \cdot 124371 - 48105) = 6512 \text{ кг};$$

2) Из условия отсутствия сдвига на поверхности стыка под действием усилия  $R$ .

$$Q_0 = \beta/Z [R/f - Q(1-X)] \quad (43)$$

где  $\beta = 1,5$  – коэффициент запаса по плотности стыка при постоянной нагрузке (Чернавской, стр. 646);

$z = 32$  – количество болтов;

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$R = 13992 \text{ кг};$$

$f = 0,15$  – коэффициент трения для стыка (стр. 643);

$$Q = 48105 \text{ кг};$$

$X = 0,3$  – коэффициент основной нагрузки (стр. 646);

$$Q_0 = 1,5/32[13992/0,15 - 48105(1 - 0,3)] = 0,047 \cdot [93280 - 33673,5] = 2801 \text{ кг};$$

Нагрузка на болт:

$$P\Sigma = Ml_{\max} / \sum_1^{17} li^2 - Q/Z \quad (44)$$

где  $l_{\max} = 0,975 \text{ м}$  – расстояние от оси поворота стыка до оси наиболее удаленного от нее болта;

$\sum_1^{17} li^2$  – сумма квадратов расстояний от оси поворота стыка до оси каждого болта

$$\begin{aligned} \sum_1^{17} li^2 &= 2(0,975^2 + 0,965^2 + 0,941^2 + 0,9^2 + 0,844^2 + 0,773^2 + 0,689^2 + 0,59^2 \\ &+ 0,487^2 + 0,252^2 + 0 + 0,252^2 + 0,487^2 + 0,689^2 + 0,689^2 + 0,844^2 + 0,941^2) = 2 \cdot \\ &(0,951 + 0,933 + 0,885 + 0,81 + 0,712 + 0,598 + 0,475 + 0,352 + 0,237 + 0,064 + 0 \\ &+ 0,064 + 0,237 + 0,475 + 0,712 + 0,885) = 16,78 \text{ м}^2; \end{aligned}$$

$$P\Sigma = (124371 \cdot 0,975) / 16,78 - 48105 / 32 = 7226,6 - 1503,3 = 5723,3 \text{ кг};$$

Из двух полученных значений  $Q_0 = 6512 \text{ кг}$  – из условия не раскрытия стыка

Расчетная нагрузка:

$$Q = Q_0 + xP\Sigma$$

$$Q = 6512 + 0,3 \cdot 5723,3 = 8229 \text{ кг};$$

Напряжение от растяжения:

$$\delta_p = 4Q / d_p^2 \pi = (4 \cdot 8229) / (2,783^2 \cdot 3,14) = 1353 \text{ кг/см}^2;$$

Кроме того, болты испытывают касательные напряжения от кручения.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

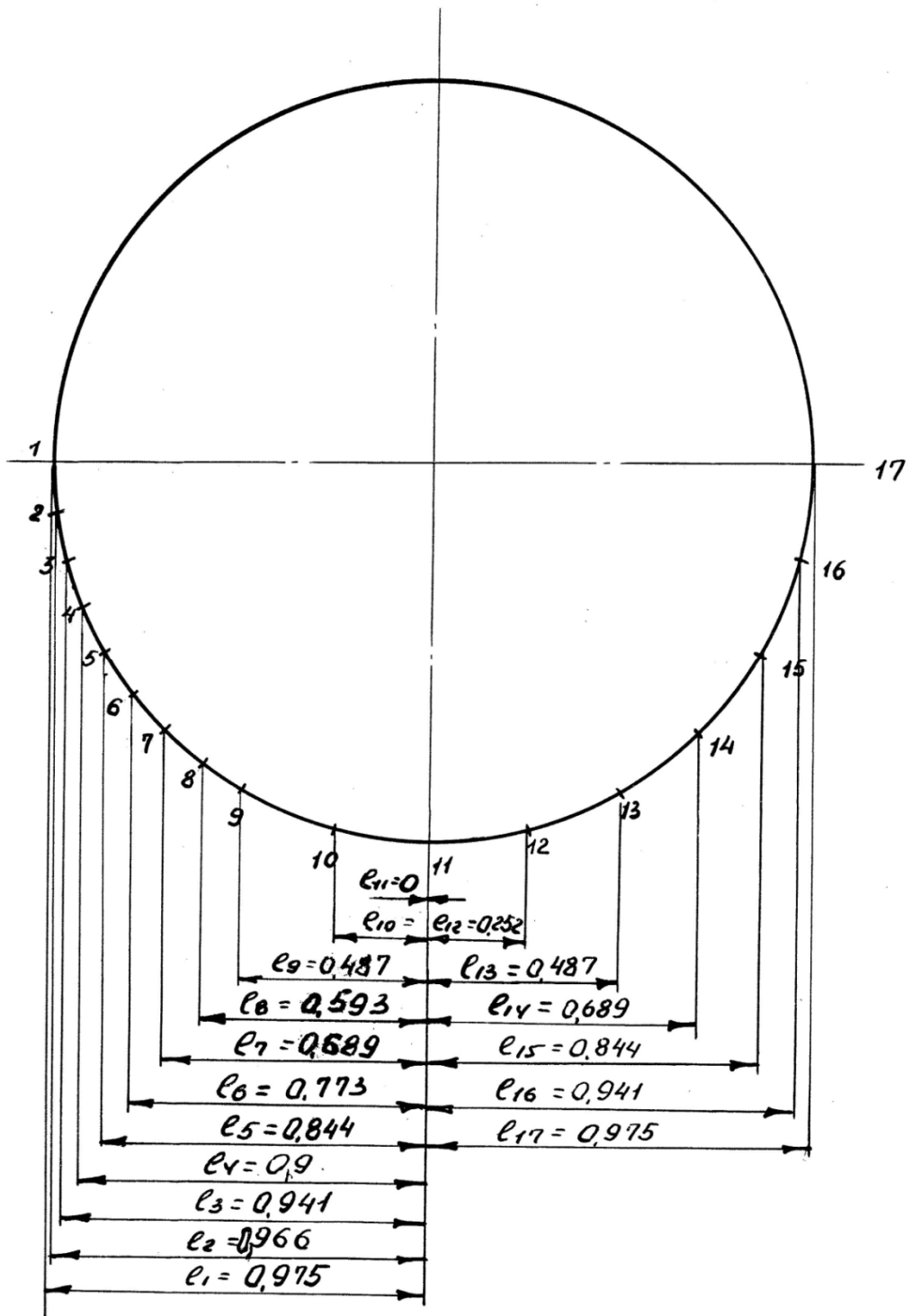


Рисунок 2.5 - Схема расположения болтов крепления верхнего и нижнего пагонов.

$$\tau_k = M_{кр} / \frac{\pi}{16} d_p^3 \quad (45)$$

где  $M_k$  - крутящий момент в резьбе;

$$M_k = Q_0 \cdot (d_2 / 2) (S / \pi d_2) \quad (46)$$

$$d_p = d_1 = 27,835 \text{ мм};$$

$d_2 = 28,701 \text{ мм}$  - средний диаметр резьбы;

$S = 2 \text{ мм}$  - шаг резьбы;

$f_p = 0,23$  - коэффициент трения в резьбе (стр. 644);

$$M_k = 6512 \frac{2,8701}{2} \left( \frac{0,2}{3,14 \cdot 2,8701} + 0,23 \right) = 2357 \text{ кгсм};$$

$$\tau = \frac{2357 \cdot 16}{3,14 \cdot 2,7835^3} = 557 \text{ кг/см}^2;$$

Эквивалентное напряжение:

$$\delta_{\text{эв}} = \sqrt{\delta_{\text{эв}}^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{1353^2 + 3 \times 557^2} = \sqrt{1830609 + 3 \cdot 310249} = 1662 \text{ кг/см}^2;$$

Запас прочности:

$$n = \delta_T / \delta_{\text{эв}} \geq [n];$$

где  $\delta_T = 4000 \text{ кг/см}^2$  - предел текучести для стали 45

$$n = 4000/1662 = 2,41 < [n]; [n] = 2,5 \div 4,0$$

Расчет болтового крепления верхнего и нижнего погона без учета действия дополнительных нагрузок.

Нагрузка на один болт  $N\delta = 3460 \text{ кг}$  (см. лист 20).

Расчетная осевая нагрузка на болт:

$$Q = Q_0 + xP\Sigma \quad (47)$$

где  $Q_0$  - величина предварительной затяжки;

1) Из условий нераскрытия стыка:

$$Q_0 = 1 / Z (F_{\text{стык}} / W_{\text{стык}} (M - Q \Sigma)) \quad (48)$$

где  $z = 32$  - число болтов;

$$F_{\text{стык}} = 0,53 \text{ м};$$

$$W_{\text{стык}} = 0,257 \text{ м};$$

$$M = M_x = 77443 \text{ кгм};$$

$$Q\Sigma = Q = 48105 \text{ кг};$$

$$Q_0 = 1/32 ((0,53/0,257) \cdot 77443 - 48105) = 3487 \text{ кг};$$

2) Из условия отсутствия сдвига на поверхности стыка под действием усилия R;

$$Q_0 = \beta/Z [R/f - Q(1-X)] = 2801 \text{ кг}$$

Нагрузка на болт:

$$P\Sigma = Ml_{\max} / \sum_1^{17} li^2 - Q/Z = (77443 \cdot 0,975) / 16,78 - 48105/32 = 2996,5 \text{ кг};$$

Из двух значений  $Q_0$  выбираем большее  $Q_0 = 3487 \text{ кг}$  - из условий не раскрытия стыка;

Расчетная нагрузка:

$$Q = Q_0 + \alpha P \Sigma = 3487 + 0,3 \cdot 2996,5 = 4386 \text{ кг};$$

Напряжение от растяжения:

$$\delta_p = (4 \cdot 4386) / (2,7835^2 \cdot 3,14) = 721 \text{ кг/см};$$

Кроме того болты испытывают касательные напряжения от кручения:

$$\tau = (1262 \cdot 16) / (3,14 \cdot 2,7835^3) = 298 \text{ кг/см}^2;$$

Эквивалентное напряжение:

$$\delta_{\text{эв}} = \sqrt{\delta_p^2 + 3\tau^2} = \sqrt{721^2 + 3 \cdot 298^2} = \sqrt{519841 + 266412} = 887 \text{ кг/см}^2$$

Коэффициент запаса прочности:

$$n = \delta_T / \delta_{\text{эв}} = 4000/887 = 4,5 > [n]; \quad [n] = 2,5 \div 4,0;$$



### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В проекте рассматривается технологический процесс механической обработки опорно-поворотного устройства автокрана.

Конфигурация наружных поверхностей детали, а также их расположение достаточно просты, все они доступны для механической обработки, следовательно, конструкция не требует дополнительного упрощения, т.е. она технологична. В связи с этим для механической обработки применяются стандартные инструменты и оборудование, а это ведет к снижению затрат на подготовку производства, а также допускает осуществление механизации и применение высокопроизводительных методов обработки. В техпроцессе присутствуют несложные операции, но они требуют выполнения заданной точности, поэтому к работе на операциях не допускаются рабочие низкой квалификации.

#### 3.1 Выбор заготовки детали

Опорно-поворотные устройства изготавливаются как из нормализованного, так и из легированного термоулучшенного проката. Их надежность и долговечность достигается применением оригинальных закалочных индукторов. Заготовка для конструкции ОПУ – прокатная сталь 40ХН ГОСТ 4543-71 [9].

Конструкционная качественная сталь 40ХН выпускается в соответствии с нормативами ГОСТ 4543-71. Сталь 40ХН легирована стальным хромоникелевым сплавом. Добавление в ее состав никеля способствует повышению химической устойчивости. Данное явление было замечено в девятнадцатом веке химиком из Франции – Прустом. Он предположил, что железо значительно менее подвержено коррозии благодаря добавлению в его состав никеля. Спустя 20 лет ученым Фарадеем был выплавлен первый сплав никеля и железа, обладающий повышенной устойчивостью к коррозии. А после создания ковкого никеля появились стальные никелевые сплавы, обладающие в два раза большей упругостью, большой механической прочностью и высокими антикоррозийными свойствами. Дополнительную коррозионную устойчивость стали 40ХН добавляет

присутствие хрома. Хром также усиливает механические свойства данной стали, такие как

прочность и твердость.

Представленная сталь в своем составе имеет: кремний 0,17 - 0,37%; никель 1 - 1,4%; углерод 0,36 - 0,44%; марганец 0,5 - 0,8%; серы и фосфора максимум по 0,35%; хром 0,45 - 0,75 % и медь до 0,3%. Поскольку содержание фосфора и серы не превышает 0,36 %, сталь причисляется к качественным легированным. Маркировка обозначает содержание никеля, хрома и углерода, округленные до целого значения. Содержание углерода (первая цифра) указывается в сотых долях процента.

Термическая обработка стали 40хн подразумевает закалку и отпуск. После проведения термообработки она приобретает предел выносливости по трещинообразованию, увеличенный в 2 раза, когда как предел прочности по разрушению увеличивается в 6 раз.

Металл 40ХН обычно закаляется в масле. Детали крупных габаритов иногда подвергают закаливанию в воде с последующим быстрым низким отпуском или в масле. Зачастую детали из 40ХН закаливают нагревом токами высокой частоты с последующим отпуском. В конце данной процедуры получается поверхность высокой твердости (RC = 52-56).

Чаще всего сталь 40ХН применяется для производства деталей, эксплуатируемых в условиях повышенной вибрации и динамической нагрузки. К этим деталям относятся шатуны, оси, замки (муфты и ниппели) для нефтепроводов, валы. Из стали 40ХН также выпускают шпиндели, зубчатые колеса, штоки гидроцилиндров, болты, валки прокатных станков. Одним словом, данный сплав применяется для деталей, которым требуется прочность и вязкость.

### 3.2 План механической обработки

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

На этом этапе разработки технологического процесса устанавливаем последовательность обработки детали, с учетом возможностей проведения операций механической технологического оборудования.

00 Заготовительная

001 Транспортирование

Кран мостовой Q=10 т ин. № 528. Заготовка транспортируется по схеме стропов

005 Токарно-карусельная (рис. 3.1). Токарно-карусельный станок 1525

Установить заготовку, выверить, закрепить. Снять.

Кулачки ПЗ-2274.

Подрезать торец 3. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73 [10].

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89 [11].

Точить поверхность 1. Резец 2103-0065 Т5К10 V ГОСТ 18879-73 [12].

Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89

Точить поверхность 2. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

Снять буртики на внутреннем диаметре кольца. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73. Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89.

Расточить отверстие 4. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

ШТИХМАС РП - 1069-24 1135..

Притупить острую кромку в отверстии 4 фаской 0,5×45°. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

Контроль: рабочим – 100%.

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>39</b>

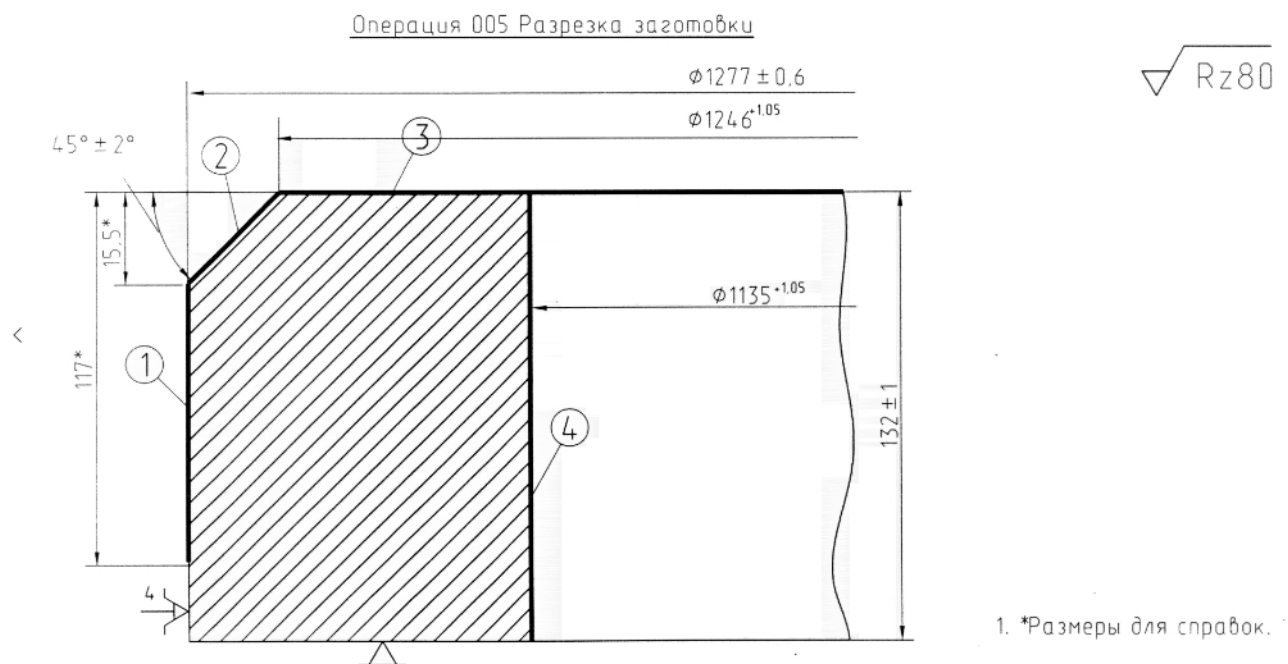


Рисунок 3.1 – Токарно-карусельная операция 005 Разрезка заготовки  
010 Токарно-карусельная (см. рис. 3.2). Токарно-карусельный станок 1525

Установить заготовку, выверить, закрепить. Снять.

Кулачки ПЗ-2274.

Подрезать торец 2. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89.

Точить поверхность 1. Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

Притупить острую кромку в отверстии 4 фаской  $0,5 \times 45^\circ$ . Резец 2102-0085 Т5К10 V ГОСТ 18877-73.

Резать заготовку по пов.3. Резец Т5К10 ИР-14 0007. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

Контроль: рабочим – 100%.

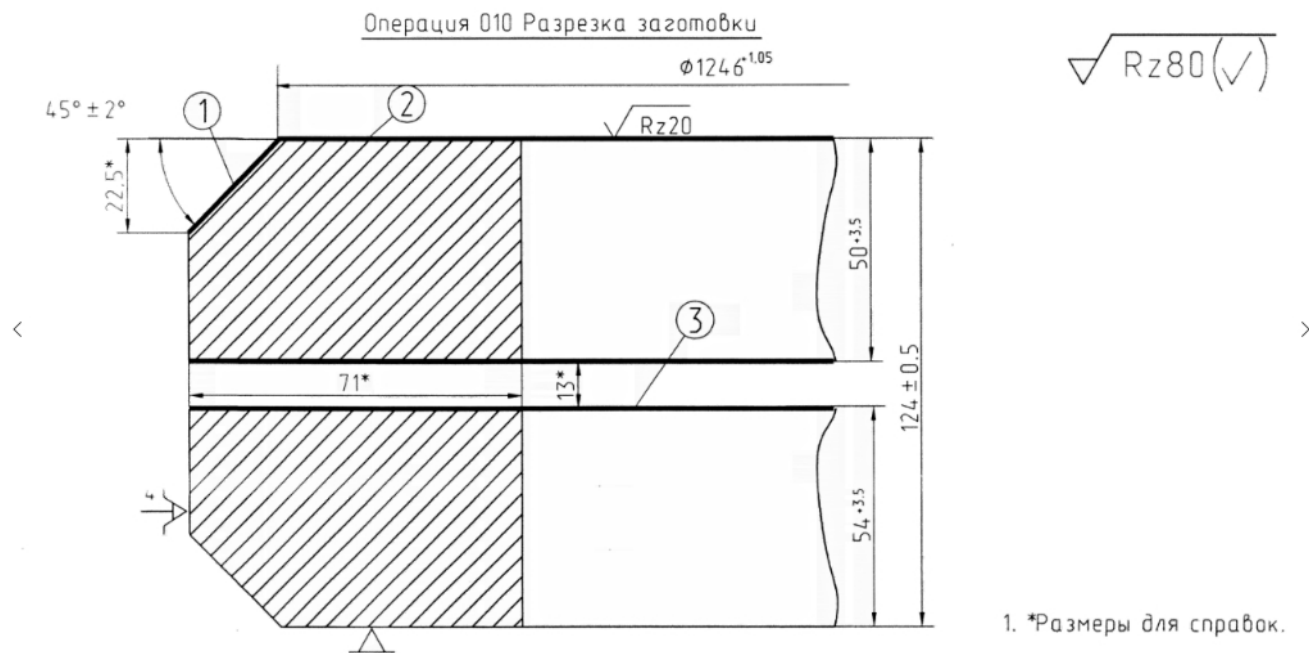


Рисунок 3.2 – Токарно-карусельная операция 010

015 Токарно-карусельная. Токарно-карусельный станок 1525

Установить заготовку, выверить, закрепить. Снять.

Кулачки ПЗ-2274.

Подрезать торец 2 как показано на рисунке 3.3. Резец 2102-0085 T5K10 V  
ГОСТ 18877-73. Штангенциркуль ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89.

Точить фаски 1, 3. Резец 2102-0085 T15K6 V ГОСТ 18877-73.

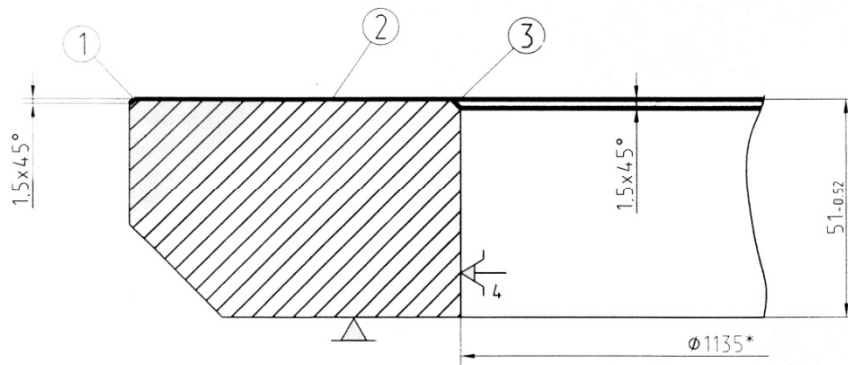
Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89

Контроль: рабочим – 100%.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Операция 015 дет. КС-45721.00.001

Rz80



1. Деталь установить по  $\varnothing 1135$  с точностью 0,3мм.  
2.\*Размер для справок.

Рисунок 3.3 – Токарно-карусельная операция 015

020 Токарно-карусельная. Токарно-карусельный станок 1525. Операция отражена на рисунке 3.4

Установить заготовку, выверить, закрепить. Снять.

Кулачки ПЗ-2274.

Подрезать торец 5 до диам. 1236,5, выдерживая Р-Р  $5^{+0,5}$ . Резец 2103-0065 Т15К6 V ГОСТ 18879-73. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.05 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89

Расточить поверхность 4 окончательно. Резец 2103-0065 Т15К6 V ГОСТ 18879-73. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89; ШТИХМАС РП - 1069-25 1225.

Точить поверхность 1. Резец 2103-0065 Т5К10 V ГОСТ 18879-73. Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89.

Точить поверхность 2. Резец 2102-0085 Т15К6 V ГОСТ 18877-73. Скоба 1237.6 (+0,2) РС-1237; Шаблон РШ-8344; Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0.1 ГОСТ 166-89.

Точить фаски 3, 6. Резец 2102-0086 Т15К6 V ГОСТ 18877-73. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89

Контроль: рабочим – 100%.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР

Лист

41



Цековать 8 отверстий 3. Втулка 6100-0143 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; цековка ИФ-1479; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89.

Нарезать резьбу М14 в 2-х противоположно-расположенных отверстиях 2 (технологические). Отправка ВД-1134-02; Метчик 2620-1561 М14×2 3 ГОСТ 3266-81 [17]; Пробка 8221-3059 14×2-7Н ГОСТ 17758-72 [18].

Притупить острую кромку в отверстиях 1. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 40 2353-0137 ГОСТ 14953-80 [19].

Переустановить заготовку на противоположный торец и закрепить. Болт 7002-2610 ГОСТ 13152-67; планки установочные ПР-99.0290; прихват 7011-0067 ГОСТ 12937-67.

Притупить острую кромку в отверстиях 1. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 40 2353-0137 ГОСТ 14953-80.

Притупить острую кромку в отверстиях 2. Втулка 6100-0142 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 16 2353-0133 ГОСТ 14953-80.

Контроль: рабочим – 100%

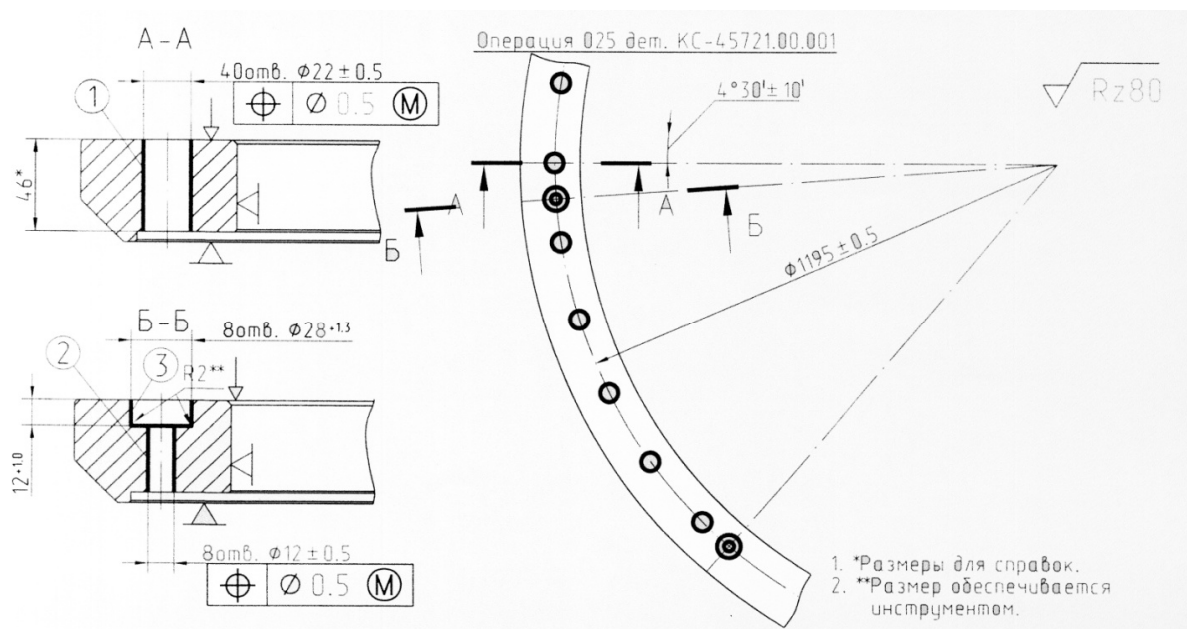


Рисунок 3.5 – Радиально-сверлильная операция 025

030 Токарно-карусельная операция. Токарно-карусельный станок 1525

Установить заготовку, выверить, закрепить. Снять.

Кулачки ПЗ-2274.







Установить заготовку, наложить полуобойму, закрепить. Болт 7002-2610 ГОСТ 13152-67; кондуктор ПС-3631; планки установочные ПР-99.0290; прихват 7011-0067 ГОСТ 12937-67; струбцина ПЗ-1975-5.

Сверлить 38 отверстий 1. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; сверло 22 2301-3043 ГОСТ 10903-77; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89.

Сверлить 2 отверстия 1. Втулка 6100-0143 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; сверло 17.5 2301-0060 ГОСТ 10903-77; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89

Сверлить 8 отверстий 2. Втулка 6100-0142 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; сверло 12 2301-0039 ГОСТ 10903-77; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89

Снять кполуобойму, закрепить заготовку. Болт 7002-2610 ГОСТ 13152-67; планки установочные ПР-99.0290; прихват 7011-0067 ГОСТ 12937-67.

Рассверлить 2 отверстия 1 с диам. 17,5 до диам. 22. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; сверло 22 2301-3043 ГОСТ 10903-77; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89.

Притупить острую кромку в отверстиях 1. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 40 2353-0137 ГОСТ 14953-80.

Нарезать резьбу М14 в 2-х противоположно расположенных отверстиях 2 (технологические). Отправка ВД-1134-02; Метчик 2620-1561 М14×2 3 ГОСТ 3266-81; Пробка 8221-3059 14×2-7Н ГОСТ 17758-72.

Переустановить заготовку на противоположный торец и закрепить. Болт 7002-2610 ГОСТ 13152-67; планки установочные ПР-99.0290; прихват 7011-0067 ГОСТ 12937-67.

Цековать 8 отверстий 3. Втулка 6100-0143 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; цековка ИФ-1479; штангенциркуль ШЦ-I-125-2.1 ГОСТ 166-89.

Притупить острую кромку в отверстиях 1. Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 40 2353-0137 ГОСТ 14953-80.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Притупить острую кромку в отверстиях 2. Втулка 6100-0142 ГОСТ 13598-85; Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; Зенковка 16 2353-0133 ГОСТ 14953-80.

Контроль: рабочим – 100%

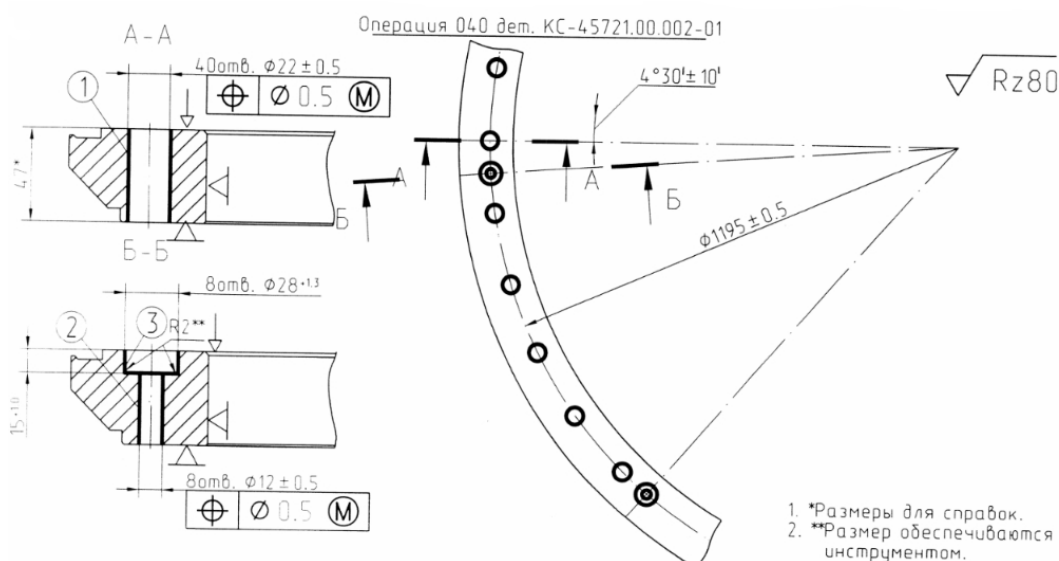


Рисунок 3.8 – радиально-сверлильная операция

#### 4 ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

##### 4.1 Организационная часть. Общие положения.

В дипломной работе рассматривается задача, целью которой является модернизация опорно-поворотного устройства автокрана на базе шасси Урал-4320.

Организационно-экономическая часть дипломной работы представляет собой разработку и построение сетевой модели диплома, представление работы в графическом виде, расчет параметров и анализ сетевой модели и в конечном итоге расчет затрат на разработку и эксплуатацию программного продукта. В заключении делается вывод по проделанной работе, конкурентоспособности и самоокупаемости продукта.

##### 4.1.1 Построение сетевой модели

Дипломная работа представляет собой сложную задачу, которую порой непросто описать обычными средствами планирования. Для того чтобы иметь возможность оперативно планировать, выбирать оптимальный вариант продолжительности работ и четко вести структуру проекта, необходимо использовать системы сетевых моделей, которые позволяют анализировать

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР

Лист

48

график, выявлять резервы и использовать электронно–вычислительную технику. Применение сетевых моделей обеспечивает продуманную детальную организацию работ, создает условия для эффективного руководства.

Весь процесс находит отражение в графической модели, называемой сетевым графиком. В сетевом графике учитываются все работы от проектирования до ввода в действие, определяются наиболее важные, критические работы, от выполнения которых зависит срок окончания проекта. В процессе деятельности появляется возможность корректировать план, вносить изменения, обеспечивать непрерывность в оперативном планировании. Существующие методы анализа сетевого графика позволяют оценить степень влияния вносимых изменений на ход осуществления программы, прогнозировать состояние работ на будущее. Сетевой график точно указывает на работы, от которых зависит срок выполнения программы.

Составим полный перечень событий и работ. Каждая работа имеет определенную продолжительность. Однако не всегда заранее известно точное время выполнения работ, поэтому дадим продолжительности каждой работы две вероятностные оценки:

$T_{\min}$ – оптимистическая продолжительность работы;

$T_{\max}$ – пессимистическая продолжительность работы.

Ожидаемая продолжительность работы может быть определена по формуле:

$$t_{ож} = (3 t_{\min} + 2 t_{\max})/5 , \text{ дн.} \quad (49)$$

Дисперсия работ рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{ij}^2 = 0,04(t_{\max} - t_{\min})^2, [10, 12] \quad (50)$$

В Таблице 4.1 перечислены события и работы по проекту, исходные оценки длительности работ, а также результаты расчета их ожидаемой длительности и дисперсии.

Таблица 4.1 – События и работы по проекту

№	Наименование событий	Код	Наименование работы	Продолж-ть (дни)
---	----------------------	-----	---------------------	------------------

		работы		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$
0	Начало работы	0-1	Выбор темы проекта.	2	4	3
		0-2	Согласование темы с руководителем. Утверждение.	1	2	1
1	Подготовка к выполнению дипломного проекта	1-2	Постановка задачи. Определение целей.	5	8	6
2	Изучение теоретического материала	2-3	Изучение принципов и методов работы	6	8	7
		2-4	Поиск материала по обозначенной теме	8	10	9
3	Поиск и установка подходящего ПО	3-4	Поиск ПО	2	5	3
		3-5	Установка и настройка ПО	2	5	3

Продолжение таблицы 4.1

№	Наименование событий	Код работ	Наименование работы	Продолж-ть (дни)		
				$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$
4	Раскрытие технико-экономической характеристики опорно-поворотного устройства	4-6	Описание технических хар-к детали	5	8	6
		4-8	Экономический анализ разрабатываемой детали	6	9	7
5	Тягово-динамический расчет	5-6	Раскрытие тяговых и динамических показателей	6	9	7
6	Написание конструкторской части	6-7	Расчет роликовой опоры и болтовых соединений	9	11	10
		6-11	Графическое представление	7	8	7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР

Лист

49

			расчетов			
7	Описание технологической части	7-10	Выбор заготов. детали	2	4	3
		7-9	Расчет режимов резания	5	6	5
8	Описание организационно-экономической части проекта	8-10	Оценка экономического дохода и поиск точки безубаточности	5	8	6
9	Раскрытие части Б.Ж.Д.	9-10	Описание безопасности процесса изготовления и эксплуатации детали	3	4	3
10	Заключение проекта	10-12	Анализ и выводы по дипломному проекту	2	3	2
11	Работа с приложениями	11-12	Разработка чертежей и графическое изображение расчетов	7	8	7

Продолжение таблицы 4.1

№	Наименование событий	Код работ	Наименование работы	Продолж-ть (дни)		
				t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>ож</sub>
12	Контроль и оценка работы руководителем проекта	12-13	Анализ дипломного проекта	5	7	6
13	Доработка проекта	13-14	Корректировка и исправление ошибок	3	4	3
14	Окончание работы					

Сначала определим минимально допустимое время выполнения всех работ, т.е. продолжительность критического пути. Для этого составим матрицу 13×14, где строки соответствуют начальным событиям  $i$ , а столбцы – завершающим событиям  $j$ .

Заполняем матрицу в таблице 4.2 последовательно, по строкам, начиная с первой, проставляя продолжительность работ, которые выходят из *i*-го события и входят в *j*-тое событие.

Таблица 4.2

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i=1	4	6												
2			7	9										
3				3	3									
4						6		7						
5						7								
6							10				7			
7									5	3				
8										6				
9										3				
10												2		
11												7		
Продолжение таблицы 4.2														
	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12													6	
13														3
Итого: 4,6,7,12,3,13,10,7,5,12,7,9,6,3 = 104														

Сравним все получившиеся пути и выберем тот, на котором продолжительность всех содержащихся работ наибольшая. Этот и будет критический путь.

И именно от работ, лежащих на критическом пути, и их продолжительности зависит конечный срок выполнения плана. Поэтому именно критический путь является основой оптимизации плана.



Из материалов матрицы видно, что самыми продолжительными работами являются: 0-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-6, 6-7, 7-9, 9-10, 10-12, 12-13, 13-14.

Отсюда продолжительность критического пути составляет:

$$T_k = 3 + 6 + 7 + 3 + 7 + 10 + 5 + 3 + 2 + 6 + 3 = 55 \text{ дней.}$$

То есть время, необходимое для выполнения данного проекта, на который составлен сетевой график, составляет 55 дней.

Сетевой график, показанный на рисунке 4.1, по созданию и разработке дипломного проекта на тему модернизации опорно-поворотного устройства автокрана строим по приведенным в таблице и матрице данным:

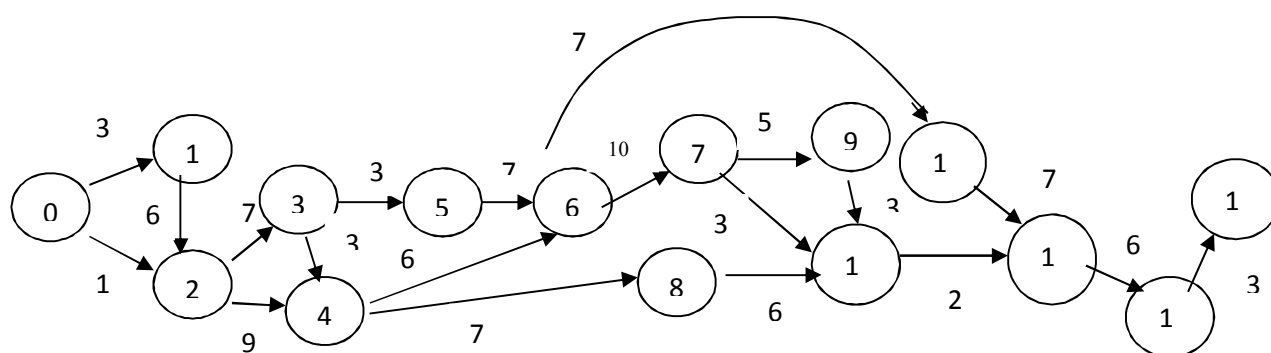


Рисунок 4.1 – Сетевой график выполнения дипломного проекта.

Если продолжительность критического пути не соответствует директивному сроку, то необходимо проанализировать сетевой график и оптимизировать его по критерию времени. В нашем проекте продолжительность критического пути соответствует директивному сроку, установленному для выполнения дипломного проектирования.

В случае если требуется более короткий срок выполнения плана, то чтобы сократить срок выполнения всего плана, необходимо уменьшить продолжительность работ, лежащих на критическом пути.

Однако следует помнить, что в процессе анализа графика нужно обратить внимание на напряженность выполнения отдельных работ по срокам. Напряженность выполнения работ характеризуется коэффициентом напряженности, который определяют по формуле:

$$K_n = \frac{T - tk}{T_k - tk} \quad (51)$$

$T$  – максимальный путь в днях, проходящий через данную работу, от исходного до завершающего события;  $tk$  – продолжительность части критических работ в днях, расположенных на рассматриваемом пути;  $T_k$  – продолжительность критического пути в днях. Чем выше значение коэффициента напряженности, тем более жесткими являются временные оценки отдельных работ, а резервы времени на рассматриваемом пути в меньшей степени можно использовать для оптимизации сетевого графика.

В данном расчете можно определить, что для работ:

$$K_n = (0-2-4-6-11-12-13-14) = (39 - 7) / (104 - 7) = 0,33,$$

$$K_n = (0-2-4-8-10-12-13-14) = (34 - 7) / (104 - 7) = 0,28.$$

Сравнивая эти значения коэффициентов между собой, можно сделать вывод, что путь  $T$  для работ 0-2-4-6-11-12-13-14 напряженнее, чем путь для работ 0-2-4-8-10-12-13-14.

Для полного представления объема и сроков выполненных работ обратимся к линейному графику Ганта (рис. 4.2), для этого составим таблицу, в которой будут отражены работы и ожидаемый срок их исполнения (таблица 4.3)

Таблица 4.3

№ работы	Наименование работы	начало работы	Срок исполнения (дни)
1	Выбор темы проекта. Согласование темы с руководителем. Утверждение.	25.03.2016	4
2	Постановка задачи. Определение целей.	01.07.2016	6
3	Изучение принципов и методов работы	05.07.2016	7
4	Поиск материала по обозначенной теме	12.07.2016	9
5	Поиск ПО	15.07.2016	6
	Установка и настройка ПО		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

6	Описание технических хар-к детали	23.07.2016	6
7	Раскрытие тяговых и динамических показателей	30.07.2016	7
8	Экономический анализ разрабатываемой детали	10.07.2016	7
9	Расчет роликовой опоры и болтовых соединений	15.07.2016	10
10	Графическое представление расчетов	20.07.2016	7
11	Выбор заготовки детали	25.07.2016	8
	Расчет режимов резания		
12	Оценка экономического дохода и поиск точки безубаточности	30.07.2016	6
13	Описание безопасности процесса изготовления и эксплуатации детали	07.08.2016	3
14	Анализ и выводы по дипломному проекту	12.08.2016	2
15	Разработка чертежей и графическое изображение расчетов	15.08.2016	7
16	Анализ дипломного проекта	19.08.2016	6
17	Корректировка и исправление ошибок	21.08.2016	3

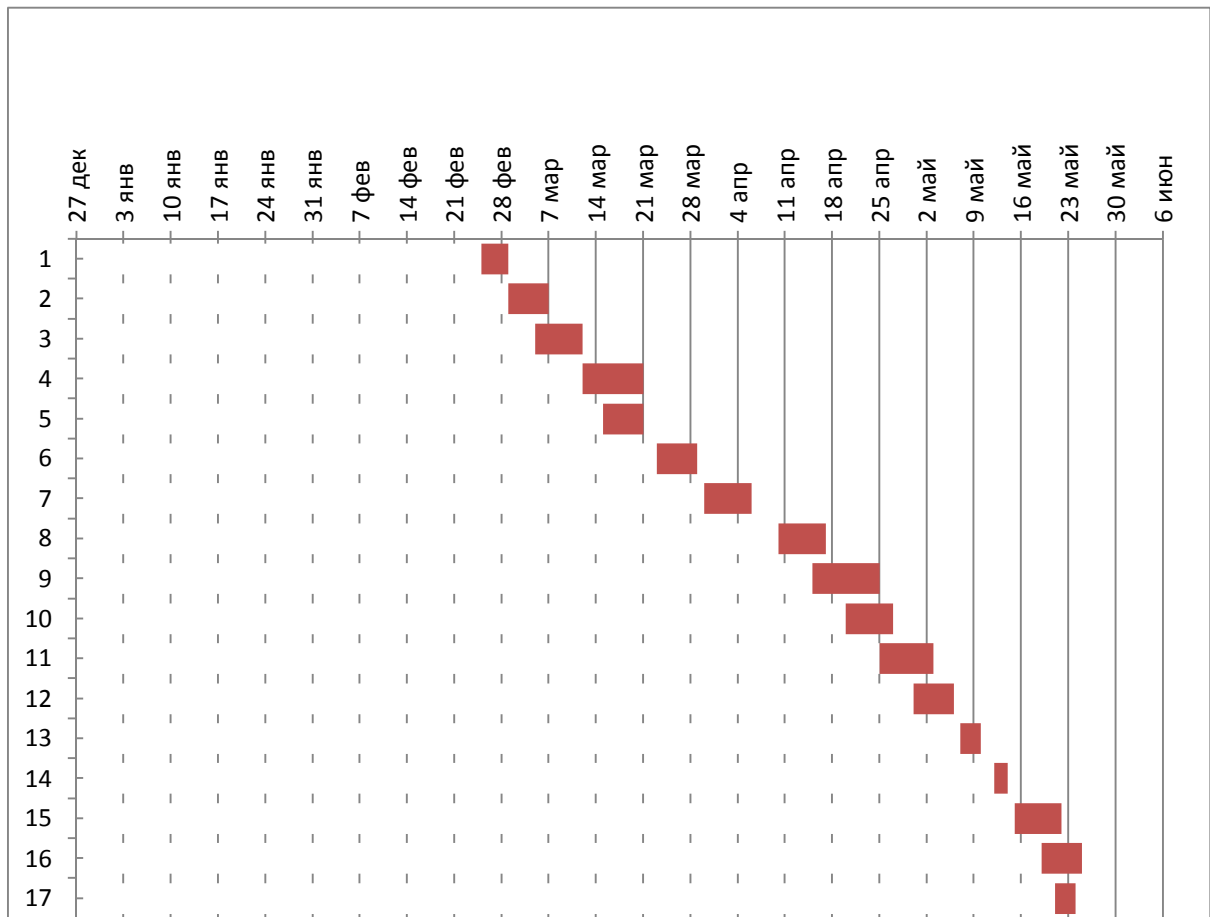


Рис. 4.2 – Линейная диаграмма Ганта

## 4.2 Экономическая часть

### 4.2.1 Исходные положения экономического анализа

В дипломном проекте разрабатывается модернизация опорно-поворотного устройства автокрана на базе шасси Урал–4320 для увеличения грузоподъемности крана с 25 тонн до 32 тонн.

Уже созданный и выпущенный в серийное производство автомобильный кран КС-45721 грузоподъемностью 25 т предназначен для погрузочно-разгрузочных работ является востребованным на рынке грузоподъемных работ. Учитывая все более высокие требования эксплуатирующих организаций, Челябинский механический завод за последние два года провел глубокую модернизацию автомобильного крана КС-45721.

Крановая установка смонтирована на базе шасси автомобиля Урал-4320, колесной формулой 6×6. Скорость передвижения крана КС-45721 — 60 км/ч.

Стрела 3-х секционная телескопическая длиной от 9,7 до 21,7 м, секции которой выполнены из двух металлоконструкций гнутого профиля, с поперечными усилителями. Новая конструкция обеспечивает меньшую массу стрелы и увеличивает устойчивость крана. Новый оригинальный изогнутый профиль секций стрелы значительно улучшает грузовысотные характеристики и показатели устойчивости крана. Проведено усиление основания корневой секции стрелы. Стрела получилась более гибкой, теперь не возникает концентрации напряжений.

Снижается уровень нагруженности нижней рамы и выносных опор. Новая конструкция тоннелей выносных опор воротниковым усилением способствует снятию нагрузок. Рывки и удары во время работы сглаживаются и воспринимаются только секциями стрелы. За счет большей гибкости снижается уровень динамической нагруженности нижней рамы и выносных опор, происходит равномерное распределение напряжений по всей длине стрелы. Усилено основание корневой секции.

На кране КС-45721 применяется новая лебедка, импортного производства

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

с планетарным редуктором. Она более легкая и компактная, имеет повышенный ресурс службы и предоставляет выбор большего числа скоростей. Опорно-поворотное устройство, используемое на кране КС-45721 шарикового типа, более жесткое. Имеет более надежное крепление поворотной части крана к нижней раме.

По сравнению с предыдущим техническим решением, сейчас удалось снизить динамические нагрузки на поворотном узле крана, уменьшить усилия вращения, увеличить плавность поворота. Усиленный способ крепления нижней рамы крана КС-45721 к раме шасси снизил нагрузку на раму шасси, тем самым, вероятность поломки шасси, в том числе и при передвижении по бездорожью и пересеченной местности.

Привод крановой установки гидравлический, работает от двух аксиально-поршневых насосов. Гидравлическая система позволяет осуществлять управление механизмами в широком диапазоне регулирования скоростей рабочих операций. Гидросистема крановой установки имеет ряд усовершенствований. На кране используются комплектующие импортного производства, такие как гидроцилиндры, уплотнительные манжеты, гидроклапана, гидрораспределители. Применение импортных более износостойких уплотнительных манжет качественно повысило герметичность полостей гидроцилиндров.

Рукава высокого давления российского производства, с применением импортных резиновых шлангов повышенной прочности, фитингов повышенной чистоты и точности, что существенно улучшает герметичность гидравлической системы автокрана. На модернизированных автокранах КС-45721 применена новая усовершенствованная система уплотнения соединений гидравлических трасс, с фторопластовыми шайбами, применены новые штуцеры, переходник, тройники гидравлической системы, с повышенной точностью и качеством изготовления.

Гидравлическая система имеет многоступенчатую систему очистки и фильтрации гидравлического масла. Она проста и удобна в обслуживании.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Продолжение таблицы 4.4		
Краткие характеристики	Базовая конструкция	Проектируемая конструкция
Скорость подъема (опускания) груза, м/мин.	6 – 8	5,45 – 11
Глубина опускания максимальная, м	17	34

Оценка весомости показателей изделия осуществляется на основе экспертных оценок. Наиболее простым методом индивидуальной экспертизы, используемым для оценки весомости показателей, является метод попарных сравнений.

Результаты экспертизы представляются в виде матрицы (таблица 4.5), в которой на пересечении строки и столбца фиксируются индексы тех показателей, которые являются более важными в оценке качества изделия при их попарном сравнении.

Далее для каждого показателя определяется количество предпочтений, полученных им по отношению ко всем остальным показателям (в первой строке подсчитывается количество 1, во второй – 2, в третьей – 3 и т.д.). Полученное значение увеличивается на единицу.

Количественное представление весомости (значимости) показателей может быть получено по формуле:

$$r_i = \frac{K_i}{\sum_i K_i}, \quad (52)$$

где  $K_i$  – количество предпочтений  $i$  – го показателя.



Таблица 4.5 - Матрица попарного сравнения показателей

j i		Индексы показателей								K <sub>i</sub>	r <sub>i</sub>
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Индексы показателей	1		1	3	4	1	1	1	1	5+1	0,166
	2	1		3	4	2	2	2	2	4+1	0,139
	3	3	3		4	3	6	3	3	5+1	0,166
	4	4	4	4		5	4	4	4	6+1	0,194
	5	1	2	3	5		6	7	5	2+1	0,084
	6	1	2	6	4	6		7	8	2+1	0,084
	7	1	2	3	4	7	7		7	3+1	0,111
	8	1	2	3	4	5	8	7		1+1	0,056
$\sum_i$									36	1,00	

Комплексный показатель позволяет дать обобщенную оценку совокупной технической ценности изделия.

Комплексный показатель рассчитывается по формуле:

$$W = \sum_{i=1}^n q_i r_i \quad (54)$$

где  $q_i$  – безразмерный (относительный) показатель качества по  $i$ -му параметру;

$r_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го параметра, причем  $\sum_{i=1}^n r_i = 1$

$n$  – число единичных показателей качества.

Относительный показатель качества по  $i$ -му параметру может быть рассчитан с помощью формул:

$$q_i = \frac{P_i^{\Pi}}{P_i^{\text{Э}}} \quad (55)$$

$$q_i = \frac{P_i^{\Pi}}{P_i^{\text{н}}} \quad (56)$$

где  $P_i^{\Pi}$ ,  $P_i^{\text{Э}}$  - количественные значения  $i$ -го показателя соответственно сопоставляемых вариантов и эталонного значения.

Первая формула используется для показателей, при увеличении абсолютных значений которых возрастает обобщающий показатель, в противном случае вторая формула.

Сопоставление комплексных показателей качества по потенциально возможным вариантам конструкции позволяет сделать вывод о технической целесообразности новой разработки, определить коэффициент изменения качества при сравнении опорно-поворотной конструкции с аналогом

$$K_{\text{и}} = \frac{W^{\Pi}}{W^{\text{Б}}} \quad (57)$$

где  $W^{\Pi}$ ,  $W^{\text{Б}}$  - комплексные показатели качества проектного и базового вариантов. Данный коэффициент используется при определении лимитной цены проектируемой конструкции.

Расчеты сведем в табл. 4.6.

Таблица 4.6 - Оценка технической целесообразности конструкции

Наименование показателей по группам	Коэффициент значимости показателя $r_i$	Оценка значимости показателя по отношению к базовому $q_i$	Оценка вклада показателя $W_i^n = r_i \cdot q_i$
		П	Б

Грузоподъемность	0,166	1,03	0,171
Скорость подъема	0,139	1,05	0,146
Продолжение таблицы 4.6			
Наименование показателей по группам	Коэффициент значимости показателя $r_i$	Оценка значимости показателя по отношению к базовому $q_i$	Оценка вклада показателя $W_i^n = r_i \cdot q_i$
		П	Б
Высота подъема	0,166	1,01	0,168
Вылет	0,194	1,25	0,243
Сложность конструкции	0,084	1,25	0,105
Масса	0,084	0,94	0,079
Надежность	0,111	1,5	0,166
Срок службы	0,056	1,2	0,067
Коэффициент изменения качества			1,15

Данный коэффициент используется при определении лимитной цены проектируемого изделия.

Проектировать данное изделие технически целесообразно, так как коэффициент изменения качества  $K_i = 1,15$  больше 1.

#### 4.2.2 Расчет трудоемкости ОКР

Многообразие существующих методов нормирования трудоемкости ОКР можно свести к трем основным: экспертному, опытно-статистическому и расчетно-аналитическому. Первый метод базируется на экспертных оценках, второй – на сравнении нормируемого объекта с аналогичным, нормативы на

который известны, третий – на корреляционных зависимостях трудоемкости работ от основных технических параметров изделия.

В основу предложенной методики по определению трудоемкости ОКР положен бальный метод.

С помощью бальных оценок по отдельным факторам определяется суммарный показатель объема работ в единицах сложности (баллы), который затем с помощью удельного норматива переводится в трудоемкость. Оценка факторов выполняется дифференцированно по главным узлам и видам работ. При определении состава и значимости факторов использовались данные работы.

Выделено два вида работ: расчетно–аналитические и чертежно-графические, для которых порядок расчета объемных показателей различен.

Расчет выполняется в следующей последовательности.

1. Осуществляется сбор исходной информации о проектируемом объекте:

– наличие аналога или прототипа, оценка общей сложности схемы объекта;

– состав главных узлов объекта;

– характеристика узлов (степень новизны конструкции, количество кинематических пар, количество оригинальных деталей, объем конструкции по внешним контурам, количество сложных деталей в узлах).

2. На основании значений исходных показателей таблицы 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 выбираются по каждому узлу нормативы работ в баллах для первой и второй групп  $Q_n^1, Q_i^2$ , а также корректирующие коэффициенты,  $K_0, K_1, K_2, K_3, K_4$ . Результаты сводятся в таблицу 4.14.

3. Осуществляется расчет показателей.

Показатель объема работ первой группы по  $i$ -му узлу определяется по формуле:

$$Q_i^1 = Q_n^1 \cdot K_1, \quad (58)$$

где  $Q_n^1$  – нормативное значение объема работ, (первой группы в баллах), выбираемое в зависимости от группы новизны узла (таблица 4.7);  $K_1$  –

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

корректирующий коэффициент, учитывающий влияние сложности узла по числу кинематических пар (таблица 4.12).

Показатель объема работ второй группы по  $i$ -му узлу определяется по формуле:

$$Q_i^2 = Q_H^2 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (59)$$

где  $Q_H^2$  – нормативное значение объема работ второй группы в баллах, выбираемое в зависимости от количества оригинальных деталей в узле (таблица 3.6);

$K_2, K_3, K_4$  – корректирующие коэффициенты, учитывающие влияние группы сложности по числу кинематических пар, группы объемности по внешним контурам, насыщенности узла сложными деталями (таблицы 4.9, 4.10, 4.11 соответственно).

Суммарная трудоемкость ОКР определяется по формуле:

$$T_{ОКР} = t_H \cdot K_0 \cdot \left( \sum_i Q_i^1 + \sum_i Q_i^2 \right), \quad (60)$$

где  $t_H$  – норматив удельной трудоемкости, чел.-дни/бал (принимается  $t_H = 25$  чел.-дни/бал);

$K_0$  – коэффициент, учитывающий сложность и степень автоматизации управления объектом в целом (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Показатель объема работ 1-й группы в единицах сложности

$Q_H^1$  (баллах)

Группы новизны	Характеристика группы новизны	Количество баллов $Q_H^1$
1	Имеется близкий аналог (отличия не более 20%).	1
2	Имеется аналог с небольшими отличиями (20 – 50%).	1,5

3	Имеется прототип, похожий по принципу действия и конструкции отдельных узлов. Отличается по многим параметрам.	2,0
Продолжение таблицы 4.7		
Группы новизны	Характеристика группы новизны	Количество баллов $Q_H^1$
4	Известен прототип из информационных и патентных источников. Нет чертежей.	3,0
5	Прототипа нет или он неизвестен.	4,0
6	Нет прототипа, в основе конструкции лежит новая идея.	6,0

Таблица 4.8 – Показатель объема работ 2-й группы в единицах сложности  $Q_H^2$  (баллах)

Группа насыщено с-ти узла деталями	1	2	3	4	5	6	7	8
Примерное число оригинальных деталей	0 - 5	От 6 до 10	11 - 18	19 - 30	31 - 50	51 - 60	81 - 120	121 и более
Показатель $Q_H^2$	3	5	7	11	17	24	35	50

Таблица 4.9 – Коэффициенты  $K_1, K_2$

Группа сложности по числу кинематических пар	1	2	3	4	5	6
	Без пар	2 пары	3 - 4	5 - 8	9 - 15	15
$K_1$	1,0	1,2	1,6	1,9	2,4	3,0
$K_2$	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7

Таблица 4.10 – Коэффициент  $K_3$

Группа объемности конструкции узла	Объем по внешним контурам, мм	$K_3$
1	До 10	1
2	11 – 20	1
3	21 – 40	1
4	41 – 80	1,01
5	81 – 160	1,02
6	161 – 320	1,05
7	321 – 600	1,08
8	601 – 1600	1,13
9	1601 - 2400	1,2
10	2401 – 3600	1,3
11	3601 – 50000	1,43
12	50001 – 63000	1,56

13	63001 - 80000	1,72
----	---------------	------

Таблица 4.11 – Коэффициент  $K_4$

Группа насыщенных узлов сложными элементами *	1	2	3	4	5	6	7	8
Примерное количество сложных элементов	0	1 – 2	3 – 4	5 - 8	9 - 13	14 - 19	20 - 27 26	
Показатель $K_4$	1	1,05	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	19

\* К сложным, относятся элементы, имеющие сложную форму, требующие при конструировании специальных расчетов, а также расчеты размерных цепей.

Таблица 4.12 – Коэффициент  $K_0$ , учитывающий сложность и степень автоматизации схемы объекта

Группа сложности схемы	Характеристика	$K_0$
1	Простейшая схема с одним энергопотокком без управления процессом.	0,8
2	Простая схема с разветвлением энергопотока с частично автоматическим или ручным управлением	1,0



3	Схема средней сложности с ветвящимся энергопоток, наличием блокировочных, регулирующих и других элементов.	1,2
Продолжение таблицы		
Группа сложности схемы	Характеристика	$K_0$
4	Сложная схема с автоматизацией рабочего цикла, имеются взаимодействия механических, электрически, гидравлических и других связей в конструкции	1,4
5	Схема повышенной сложности с полной автоматизацией, наличием обратных связей, управление от устройства автоматики по заданной программе.	1,6

После определения всех необходимых для дальнейших расчетов коэффициентов их следует занести в обобщающую таблицу (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Исходные данные для расчета трудоемкости ОКР

Характеристика объектов		Объекты удлинителя стрелы		
		Общая схема	Узел 1 (полуобойма)	Узел 2 (ролик)
Сложность схемы опорно- поворотного устройства	№ группы	2		
	$K_0$	1		
Новизна конструкции	№ группы		3	1
	$Q_H^1$ , баллы		2,0	1,0

Сложность узла по количеству кинематических пар	Количество		4	1
	K <sub>1</sub>		1,9	1,0
	K <sub>2</sub>		1,4	1,0
Продолжение таблицы 4.13				
Характеристика объектов		Объекты удлинителя стрелы		
		Общая схема	Узел 1 (полуобойма)	Узел 2 (ролик)
Насыщенность оригинальными деталями	Количество		10	2
	Q <sub>H</sub> <sup>2</sup> , баллы		5	3
Объем конструкции по внешним контурам	мм		1451	50
	K <sub>3</sub>		1,13	1,01
Насыщенность сложными деталями	Количество		3	0
	K <sub>4</sub>		1,1	1,0

Расчет трудоемкости ОКР проводится в табличной форме (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Расчет трудоемкости ОКР

Группы работ	Объем работ по группам в баллах	
Пока-	Расчетно-аналитические	Чертежно-графические

зате- ли  Узлы	$Q_H^1$	$K_1$	$Q_i^1$	$Q_H^2$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$Q_i^2$
Узел 1	2	1,9	3,8	5	1,4	1,13	1,1	11
Узел 2	1	1	1	3	1	1,01	1,1	2,4
$\sum_i Q_i^1 = 4,8$				$\sum_i Q_i^2 = 12,9$				
$\sum_i Q_i^1 + \sum_i Q_i^2$				17,7				
Норматив удельной трудоемкости на 1 балл, чел - дн				25				
Коэффициент сложности схемы $K_0$				1				
Трудоемкость ОКР чел – дн				442,5				
				чел-час 3540				

#### 4.2.3 Расчет временных и стоимостных затрат на проектирование опорно-поворотного устройства

Важными показателями, используемыми при технико-экономическом анализе конструкции, являются стоимостные затраты на разработку и срок реализации проекта.

Тип производства выбираем крупносерийный (КС).

Трудоемкость при разработке технического задания, эскизного и технического проектирования:

$$3540 / T_{ТЗ, ЭП, ТП} = 75\% / 40\%; T_{ТЗ, ЭП, ТП} = 3540 \times 40 / 75 = 1888 \text{ ч}$$

Трудоемкость рабочего проектирования:

$$3540 / T_{РП} = 75\% / 35\%; T_{РП} = 3540 \times 35 / 75 = 1652 \text{ ч}$$

Трудоемкость технической подготовки:

$$3540 / T_{ТПП} = 75\% / 25\%; T_{ТПП} = 3540 \times 25 / 75 = 1180 \text{ ч}$$

Нормативная длительность цикла технического и рабочего проектирования

ТЗ, ЭП, ТП – 3,5 мес.;

РП – 3,5 мес.

Длительность цикла технологической подготовки производства определяем по формуле:

$$T_{\text{ТПП}}^{\text{Ц}} = \frac{T_{\text{РП}}^{\text{Ц}}}{t_{\text{РП}}^{\text{УД}}} \cdot t_{\text{ТПП}}^{\text{УД}} = \frac{3,5 \cdot 25}{35} = 2,5 \text{ мес.}$$

Определяем требуемую численность исполнителей по стадиям проектирования:

$$R_i^{\text{П}} = \frac{T_i}{F_{\text{Р}}^{\text{Н}} \cdot T_i^{\text{Ц}} \cdot k_{\text{ВН}}}, \quad (61)$$

где  $F_{\text{Р}}^{\text{Н}}$  – месячный фонд времени работника (165 часов);

$k_{\text{ВН}}$  – коэффициент выполнения нормы,  $k_{\text{ВН}} = 1,1 - 1,2$

$R_{\text{ТЗ, ЭП, ТП}}^{\text{П}} = 1888 / (165 \times 3,5 \times 1,1) \approx 3$  человека

$R_{\text{РП}}^{\text{П}} = 1652 / (165 \times 3,5 \times 1,1) \approx 3$  человека

$R_{\text{ТПП}}^{\text{П}} = 1180 / (165 \times 2,5 \times 1,1) \approx 3$  человека

Определяем фонд заработной платы на разработку проекта

$$З = \sum_i R_i^{\text{П}} \cdot z_i^{\text{М}} \cdot T_i^{\text{Ц}} \cdot \left(1 + \frac{H_{\text{СН}}}{100}\right), \quad (62)$$

где  $z_i^{\text{М}}$  – средняя месячная заработная плата исполнителей  $i$ -й стадии,

$z_{\text{ТЗ, ЭП, ТП}}^{\text{М}} = 5700$  руб.,  $z_{\text{РП}}^{\text{М}} = 5500$  руб.,  $z_{\text{ТПП}}^{\text{М}} = 5000$  руб. ;

– коэффициент отчисления на социальные нужды,  $H_{\text{СН}} = 36,3$ .

$$З_{ТЗ,ЭП,ТП} = 8 \cdot 5700 \cdot 3,5 \cdot \left(1 + \frac{36,3}{100}\right) = 217535 \text{ руб.};$$

$$З_{РП} = 7 \cdot 5500 \cdot 3,5 \cdot \left(1 + \frac{36,3}{100}\right) = 183664 \text{ руб.};$$

$$З_{Т,ПП} = 7 \cdot 5000 \cdot 2,5 \cdot \left(1 + \frac{36,3}{100}\right) = 119263 \text{ руб.}$$

$$\sum З = 217535 + 183664 + 119263 = 510443 \text{ руб.}$$

Определяем полные затраты на разработку проекта

$$С_{ПП} = \frac{З}{К_{ЗП}}, \quad (63)$$

где  $K_{ЗП}$  – удельный вес заработной платы в общей структуре себестоимости, выбирается по статистическим данным,  $K_{ЗП} = 0,35-0,4$ ;

$$С_{ПП} = \frac{510443}{0,4} = 1276108 \text{ руб.}$$

Оценка срока реализации проекта

$$T_{ПР}^{Ц} = k_{ПАР} \sum_i T_i^{УД}, \quad (64)$$

где  $k_{ПАР}$  - коэффициент параллельности, учитывающий величину совмещения стадий,  $k_{ПАР} = 0,7$ .

$$T_{ПР}^{Ц} = 0,7 \cdot 9,5 = 6,7 \text{ мес.}$$

Расчет сведем в табл. 4.15

Таблица 4.15 – расчет срока реализации проекта

Показатели	Стадии ОКР		
	ТЗ, ЭП, ТП	РП	ТПП
Соотношение трудоемкости стадий	40	35	25

проектирования, %			
Трудоемкость, нормо-час	1888	1652	1180
Длительность производственного цикла, мес.	3,5	3,5	2,5
Потребное количество исполнителей, чел.	3	3	3
Продолжение таблицы 4.15			
Показатели	ТЗ, ЭП, ТП	РП	ТПП
Средняя заработная плата исполнителей, руб.	5700	5500	5000
Фонд заработной платы по стадиям, руб.	190820	183664	135959
Общий фонд заработной платы на проектирование, руб.	510443		
Оценка затрат на разработку проекта, руб.	1276108		
Оценка срока реализации проекта, мес.	6,7		

#### 4.3 Прогнозирование себестоимости опорно-поворотного устройства

На стадии конструкторской подготовки производства, когда отсутствуют необходимые технологические документы и нормативы для расчета себестоимости приходится применять различные методы прогнозирования: удельных весов и коэффициентов приведения, известной структуры себестоимости аналогов.

Прямыми статьями, определяющими себестоимость конструкции, являются:

- заработная плата производственных рабочих;
- затраты на основные материалы;
- затраты на комплектующие покупные изделия;

#### 4.3.1 Расчет затрат на основные материалы

Расчет затрат на основные материал можно выполнять с помощью метода коэффициентов приведения. Согласно этому методу проектируемое изделие расчленяется на блоки и узлы, по одному из которых, принятому за базовый, возможен прямой расчет затрат на материалы. Затраты по остальным узлам определяются через коэффициенты приведения, рассчитанные методом экспертных оценок с учетом их конструктивно-технологических особенностей.

Затраты на основные материалы по базовому узлу можно рассчитать по формуле:

$$M_B = \sum \left[ q_i^ч \cdot P_{ij} \cdot \left( 1 + \frac{k^{отх}}{100} \right) \cdot Ц^M - q_i^ч \cdot P_{ij} \cdot \frac{k^{отх}}{100} \cdot Ц^O \right] k^{ТЗ} \quad (65)$$

где  $P_{ij}$  – применяемость  $i$  детали в  $j$  узле;

$q_i^ч$  – масса детали  $i$  в соответствии с чертежом, кг;

$Ц^M$  – цена материала, руб.;

$Ц^O$  – цена отходов, руб.;

$k^{отх}$  – средний процент реализуемых отходов (30%);

$k^{ТЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов,

$k^{ТЗ}=1,03-1,07$

Затраты на материалы для остальных узлов  $M_j$  определяются по формуле:

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$M_j = M^B k_j^{PP} \quad (66)$$

где  $k_j^{PP}$  – коэффициент приведения затрат  $j$ -го узла к базовому узлу, определяемый на основе экспертных оценок.

Стоимость основных материалов определяется на основе норм расхода каждого вида материала и прейскурантных цен за вычетом стоимости отходов.

За базовый узел выбираем круг – заготовку для опорно-поворотной конструкции.

Расчет сведем в табл. 4.16

Таблица 4.16 – Расчет затрат на основные материалы по базовому узлу

Деталь	Применяемость	Материалы	Норма расхода		Цена	Сумма	Возвратные отходы			Общая сумма
			деталь	узел			Норма	Цена	Сумма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Круг прокатный	1	Сталь 40ХН	3	3	14000	42000	50	16	800	41200
Ролики	1	сталь ШХ45	158	158	150	23700				23700
Итого по базовому узлу, руб.									64900	
С учетом транспортно-заготовительных расходов (1,07)									69443	

#### 4.3.2 Затраты на комплектующие покупные изделия и полуфабрикаты

Затраты на комплектующие покупные изделия и полуфабрикаты по базовому узлу  $C_B^K$ , осуществляется на основе спецификаций применяемости  $P_{ij}$  и прейскурантных цен  $C_i^K$  (см. задание) по формуле:

$$C_B^K = \sum_i C_i^K \cdot P_{ij} \cdot K^{T3} \quad (67)$$



Результаты расчетов заносятся в таблицу 4.17.

Затраты по прочим узлам определяются по формуле:

$$C_j^K = C_B^K \cdot K_j^{PP} \quad (68)$$

Таблица 4.17 – Расчет затрат на комплектующие покупные изделия и полуфабрикаты

Наименование	Применяемость	Цена за единицу, руб.	Сумма
Болт	48	100	4800
гайка	48	20	960

Шайба специальная	129	15	1935
Шайба стопорная	43	30	1290
прокладка	158	15	2370
Итого по поворотному конвейеру			11355
С учетом транспортно– заготовительных расходов			12150

#### 4.3.3 Расчет затрат на основные материалы и комплектующие в целом по изделию

Расчет затрат на основные материалы и комплектующие в целом по изделию выполняется на основании использования коэффициентов приведения для 1-го и 2-го узлов и данные заносятся в таблицу 4.18.

Таблица 4.18 – Расчет затрат на основные материалы и комплектующие в целом по изделию

Статьи затрат Части изделия	Основные материалы		Комплектующие изделия
	$K_j^{PP}$	Затраты, руб.	

Базовый узел	1	69443	12150
Итого по изделию	$M = \sum_i M_i \cdot K_j^{IP}$ $M = 69443$		

#### 4.3.4 Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих

На стадии конструкторской подготовки производства расчет заработной платы базируется на показателе удельной трудоемкости на 1 кг массы конструкции изделия аналога. При отсутствии таких данных для приближенных расчетов можно использовать усредненные отраслевые значения, приведенные в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Удельная трудоемкость на 1 кг массы конструкции

Тип производства	М	КС	СС	МС	Е
Удельная трудоемкость, Н-час.	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Данные расчета заработной платы целесообразно оформить в виде таблицы 4.20.

Таблица 4.20 – Расчет заработной платы (основной и дополнительной) производственных рабочих

Показатель	Формула расчета	Обозначение	Расчет (условные данные)
1	2	3	4

Трудоемкость изделия	$T_H = t_B^{y0} \cdot G$	$t_B^{y0}$ - удельная трудоемкость 1 кг массы конструкции, н-ч. G- масса проектируемой конструкции	$T_H = 1,8 \cdot 350 = 630 \text{ н-ч}$
Трудоемкость годового выпуска	$T^Г = T_H \cdot N^А$	$N^А$ - прогнозируемый объем выпуска, шт.	$T^Г = 630 \cdot 20 = 12600 \text{ н-ч}$
Потребное количество основных производственных рабочих	$R = T^Г / F_P^Г$	$F_P^Г$ - годовой действительный фонд времени одного рабочего	$R = 12600 / 155 = 84 \text{ чел.}$

Продолжение таблицы 4.20

Показатель	Формула расчета	Обозначение	Расчет (условные данные)
1	2	3	4
Годовой фонд ЗП основной и дополнительной	$Z_0 = 12 \cdot R \cdot Z^{CP}$	$Z^{CP}$ - средняя заработная плата ОПР	$Z = 1 \cdot 84 \cdot 7500 = 630000 \text{ руб.}$
ЗП с учетом отчислений на социальные нужды	$Z = Z_0 \left( 1 + \frac{H_{CH}}{100} \right)$	$H_{CH}$ - коэффициент расходов на социальные нужды (26%)	$Z = 630000 \cdot (1 + 0,26) = 793800 \text{ руб.}$

#### 4.3.5 Расчет полной себестоимости изделия

Расчет полной себестоимости изделия осуществляется по формуле:

$$S_{II} = \left[ M + C^K + 3_o^H \cdot \left( 1 + \frac{H_{оп} + H_{ох} + H_{сн}}{100} \right) \right] \cdot \left[ 1 + \frac{H_{вп}}{100} \right], \quad (69)$$

где  $H_{оп}$ ,  $H_{ох}$ ,  $H_{вп}$ ,  $H_{сн}$  – нормативы соответственно общепроизводственных, общехозяйственных, внепроизводственных расходов (таблица 4.21) и отчисления на социальные нужды, %;

$3_o^H = \frac{3_o}{N^r} = \frac{630000}{20} = 31500$  руб.- основная заработная плата производственных рабочих на единицу изделия.

$$S_{II} = \left[ 69443 + 12150 + 31500 \cdot \left( 1 + \frac{250 + 160 + 26}{100} \right) \right] \cdot \left[ 1 + \frac{7}{100} \right] = 633320 \text{ руб.}$$

Таблица 4.21 – Нормативы общепроизводственных, общехозяйственных и внепроизводственных расходов

Тип производства	Расходы, %		
	Общепроизводственные	Общехозяйственные	Внепроизводственные
МС	200 – 250	130 – 160	7
СС	160 – 190	90 – 130	5
КС	120 – 150	70 - 100	3

#### 4.4 Определение лимитной цены изделия

Лимитная цена выражает предельно допустимый уровень цены проектируемого изделия с учетом улучшения потребительских свойств замещаемого изделия, при котором обеспечивается относительное удешевление его для потребителя.

При наличии аналога лимитная цена может определяться на основе оценки изменения совокупности технико-эксплуатационных параметров (смотри раздел 4) по формуле:

$$C_{л} = 0,9 \cdot C_{б} \cdot K_{и}, \quad (70)$$

где 0,9 – коэффициент, характеризующий моральное старение базового изделия за период проектирования и освоения нового изделия;

$C_{б}$  – цена базового изделия, принимаемого в качестве аналога;

$K_{и}$  – коэффициент изменения качества изделия (таблица 3.7.).

При отсутствии аналогов для сопоставления и невозможности определить полезный эффект от принципиально нового изделия лимитная цена определяется на основании укрупненных нормативов материальных и трудовых затрат и повышенной по сравнению с нормативным уровнем рентабельности до 1,5 раз.

$$C_{л} = S_{п} \cdot \left(1 + \frac{n_{р}}{100}\right), \quad (71)$$

где  $S_{п}$  – плановая себестоимость изделия;

$n_{р}$  – плановый уровень рентабельности к себестоимости изделия ( $n_{р} = 50\%$ ).

$$C_{л} = 633320 \cdot \left(1 + \frac{50}{100}\right) = 949980 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Расчет уровня капитальных вложений в НИОКР и освоение производства

В условиях ограничения финансовых ресурсов технический и коммерческий успех проекта во многом определяется величиной новых капитальных вложений при его разработке и реализации. Капитальные затраты на всех этапах жизненного цикла изделия являются важной оценкой экономической эффективности и новых проектов.

Единовременные затраты в сфере производства включают непроизводственные затраты  $K_{ппз}$  и капитальные вложения в производственные фонды завода изготовителя  $K_{пф}$

$$K_{п} = K_{ппз} + K_{пф}. \quad (72)$$

$$K_{II} = 949980 + 17217297 = 18167277 \quad \text{руб.}$$

В дипломной работе укрупненный расчет капитальных вложений в производственные фонды завода может производиться по формуле:

$$K_{ПФ} = K_{ОБ} + K_{ОС}, \quad (73)$$

$$K_{ПФ} = 13244075 + 3973222 = 17217297 \quad \text{руб.}$$

$$K_{ОС} = 0,3K_{ОБ}, \quad (74)$$

$$K_{ОС} = 0,3 \cdot 13244075 = 3973222 \quad \text{руб.}$$

где  $K_{ОБ}$  – капитальные вложения в оборудование и оснастку;

$K_{ОС}$  – капитальные вложения в оборотные средства.

При этом

$$K_{ОБ} = C_{Л} \cdot N^Г \cdot K_{ОБ}^H \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_m, \quad (75)$$

где  $C_{Л}$  – лимитная цена изделия;

$N^Г$  – прогнозируемый годовой объем выпуска изделия;

$K_{ОБ}^H$  – отраслевой норматив удельных капитальных вложений в оборудование на

один рубль объема реализации новых изделий, руб.;

$\gamma_0, \gamma_i$  – коэффициенты, учитывающие соответственно годовой объем производства в стоимостном выражении и тип производства.

Величина  $K_{ОБ}^H$  принимается по статистическим данным предприятия, выпускающего аналогичные изделия или по таблице 3.26.

Значения коэффициентов  $\gamma_0, \gamma_i$  приводятся в таблице 4.22.

Таблица 4.22 – Значения коэффициентов  $\gamma_0, \gamma_i$  и  $K_{ОБ}^H$

Тип производства	$\gamma_0$	$\gamma_M$	$K_{ОБ}^H$
М	1,0	0,75	0,5
КС	1,05	0,90	0,6
СС	1,10	1,0	0,84

MC	1,25	1,15	1,1
E	1,35	1,35	1,2

$$K_{OB} = 949980 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,15 = 30043118 \text{ руб.}$$

#### 4.6 Оценка эффекта от производства и использования изделия

Расчет экономической эффективности новых изделий основан на сопоставлении результатов и затрат в сфере производства и в сфере использования.

Формула расчета экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_T = (\Pi - E_H \cdot K_Y) \cdot N, \quad (76)$$

где  $\Pi$  – прибыль на одно изделие, руб.;

$$\Pi = C_{\Pi} - S_{\Pi} = 949980 - 633320 = 316660$$

$E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности,  $E_H=0,15$ ;

$K_Y$  – удельные капитальные вложения в производство, руб./шт.;

$$K_Y = \frac{K_{\Pi}}{N^{\Gamma}} = \frac{18167277}{20} = 908363,8$$

$N$  – прогнозируемый годовой объем выпуска, шт.

$$\mathcal{E}_T = (316660 - 136254) \cdot 20 = 3608120 \text{ руб.}$$

Вывод: экономический эффект положительный, значит производить данное изделие целесообразно.

#### 4.7 Сводные показатели оценки экономической эффективности проекта

Заключительным этапом технико-экономического обоснования конструкции изделия является составление таблицы показателей оценки экономической эффективности (таблица 4.23).

Таблица 4.23 - Сводные показатели оценки экономической эффективности проекта

Наименование показателя		Единица измерения	Проектируемое изделие
Прогнозируемый объем выпуска		шт.	20
Единовременные капиталовложения	Предпроизводственные затраты	руб.	1276108
	Вложения в произв-во	руб.	17217297
	Всего	руб.	18167277
Текущие издержки на производство изделия	На материалы	руб.	69443
	На заработную плату	руб.	31500
	Полная себестоимость	руб.	633320
Лимитная цена		руб.	949980
Прибыль на единицу изделия		руб.	316660
Экономический эффект		руб.	3608120
Срок реализации проекта		мес.	6,7

#### 4.8 Определение точки безубыточности

Точка безубыточности – это такой объем продукции, при реализации которого выручка от реализации покрывает совокупные затраты компании. В этой точке выручка не позволяет организации получить прибыль, однако убытки тоже отсутствуют. Иногда ее называют также критическим объемом: ниже этого объема производство становится нерентабельным.

Расчет точки безубыточности (таблицы 4.24 и 4.25) требует разделения совокупных затрат на постоянные и переменные. В теории переменные затраты – возрастают пропорционально увеличению производства (объему реализации товаров). Постоянные затраты – не зависят от количества произведенной продукции (реализованных товаров) и от того, растет или падает объем операций.



Таблица 4.24 – Расчет точки безубыточности

Расчет точки безубыточности	
1. Исходные данные	
Наименование	
Постоянные затраты, тыс. руб.	174 550
Переменные затраты, тыс. руб.	633 320
Выручка от продаж, тыс. руб.	316 660
Выпуск (Объем реализации), ед.	1
Средние переменные затраты на единицу продукции	633 320,00
Цена за единицу	316 660
Точка безубыточности в денежном выражении	174 550
Точка безубыточности в натуральном выражении	0,55

Таблица 4.25 – Исходные данные для построения графика

Объем выпуска продукции	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Постоянные затраты, тыс. руб.	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00	174 550,00
Переменные затраты, тыс. руб.	174 550,00	220 427,00	266 304,00	312 181,00	358 058,00	403 935,00	449 812,00	495 689,00	541 566,00	587 443,00	633 320,00
Выручка от продаж, тыс. руб.	-	31 666,00	63 332,00	94 998,00	126 664,00	158 330,00	189 996,00	221 662,00	253 328,00	284 994,00	316 660,00

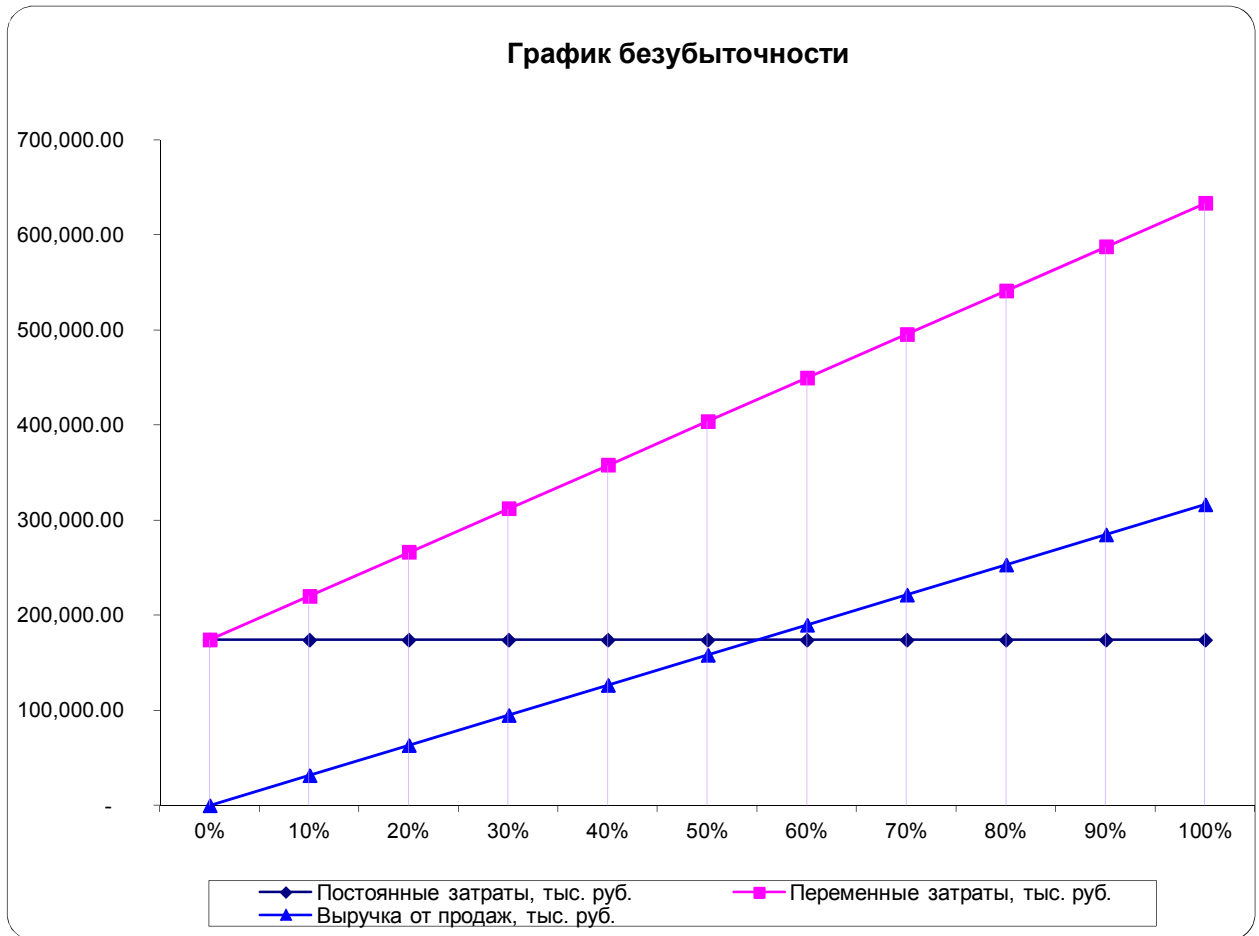


Рисунок 4.3 – График точки безубыточности

### Выводы

Выпущенная модель крана имеет много достоинств и является достаточно конкурентоспособной. Таким образом, целью проекта является модернизация опорно-поворотного устройства данной модели крана с сохранением всех преимуществ для увеличения его грузоподъемности.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В дипломном проекте мы предложили модернизацию опорно-поворотного устройства для автокрана, с целью повышения грузоподъемности крана.

Опорно-поворотное устройство предназначено для передачи нагрузки от поворотной платформы к нижней, ходовой, части автокрана и дает возможность поворотной платформе свободно вращаться относительно нижней рамы.

5.1 Анализ опасности при изготовлении и установке опорно-поворотного устройства.

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>	Листы
Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата		85

При сборке автокрана на шасси автомобиля (в нашем случае это автомобиль Урал-4320) крепится поворотная платформа со стрелой, посредством опорно-поворотной конструкции. В данный момент существует возможность подвергнуться опасным производственным факторам, например (см. таблицу 5.1):

- большой вес и объем производимой детали;
- наличие режущих и колющих элементов;
- наличие подвижных частей;
- наличие горючих и смазочных материалов

Таблица 5.1 – Анализ рисков

	Опасность (опасная ситуация)	Опасное событие (причина)	Последствие (эффект)	Исходная оценка		Корректирующее действие (меры предупреждающие риск)	Расчетная оценка		Оценочный риск
				S	F		S	F	
	Большой вес и объем опорно-поворотного устройства	Ушибы, зажатие частей тела	Травма	II	B	1.1 Предупреждение Рабочие не должны находиться рядом во время строповки ОПУ	II	E	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупреждены
						1.2 Предупреждение Рабочие должны приступать к креплению только после окончания укладки ОПУ на поверхность шасси	II	E	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупреждены
	Наличие режущих и колющих элементов	Порезы, проколы	Травма	II	B	2.1 Предупреждение Рабочие в момент настройки	II	D	Опасная ситуация не исчезает, но люди

(детали токарно- карусельного и радиально- сверлильного станков)					оборудования должны отключать его от сети питания			предупрежде ны
					2.2 Защитная мера Рабочие места должны быть оборудованы кнопками аварийной остановки оборудования	II	E	Отсутствует
					2.3 Предупреждение В момент работы оборудования рабочие должны находиться на заданном правилами ТБ расстоянии	II	C	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупрежде ны
					2.4 Мероприятия организационного характера: проведение инструктажа по правилам техники безопасности	III	D	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупрежде ны

	Наличие подвижных частей	Защемление частей тела, ушибы	Травма	II	B	3.1 Защитная мера Расстояние между движущимися элементами станка (или подвижными и неподвижными) для предупреждения защемления работающего должно быть, мм, не менее: 500 - для корпуса работающего; 300 - для головы; 180 - для ноги; 120 - для стопы; 120 - для руки; 100 - для кисти руки; 25 - для пальцев руки.	II	C	Отсутствует
						3.2 Мероприятия организационного характера: проведение инструктажа по правилам техники безопасности	III	C	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупреждены
	Наличие горючих и смазочных материалов	Опасность пожара	Ожоги, пожар	I	D	4.1 Защитная мера Места наладки и технического обслуживания, включая места смазки, располагают вне зон опасности возникновения пожара	II	E	Отсутствует
						4.2 Защитная мера Заполняемые вручную маслонасосы располагают вне опасных зон, в	II	D	Отсутствует

					местах, удобных для обслуживания.			
					4.3 Предупреждение Смазку оборудования проводят в выключенном состоянии.	II	D	Опасная ситуация не исчезает, но люди предупреждены
					4.4 Курение вблизи смазочных материалов запрещено	II	D	Приемлемо с проверкой
					4.5 Мероприятия организационного характера: проведение инструктажа по правилам пожарной безопасности	III	D	Приемлемо с проверкой

Нами проведен анализ рисков (табл. )

S – тяжесть последствия:

I – катастрофическая;

II – критическая;

III – незначительная;

IV – не принимаемая в расчет.

F – частота возникновения опасного события (причины):

A – частая;

B – вероятная;

C – редкая;

D – маловероятная;

E – невероятная;

F – невозможная.

					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>	<i>Лист</i>
						89
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 5.2.1 Общие требования для работы на оборудовании, изготавливающем опорно-поворотные устройства

Для создания нормальных условий работы, исключения травматизма и несчастных случаев рабочий обязан соблюдать правила техники безопасности.

Привести в порядок одежду: застегнуть обшлага рукавов, заправить одежду так, чтобы не было свисающих концов, убрать волосы под головной убор.

Привести в порядок рабочее место: убрать все лишнее, подготовить и аккуратно разложить инструменты и приспособления, сложить заготовки в предназначенный для них ящик.

Проверить состояние станка: убедиться в надежности крепления ограждающих щитков ременной передачи и гитары сменных колес, посмотреть, не оборван ли заземляющий провод, на холостом ходу проверить исправность кнопок «пуск» — «стоп», тормоза, действие и фиксацию рычага управления станком.

Надежно закреплять инструменты» приспособления и заготовки.

Не пользоваться неисправными или значительно изношенными приспособлениями и ключами.

На ходу станка не производить установку и снятие заготовок и инструментов, измерение детали, регулировку, чистку и смазку станка.

Стружку удалять со станка только специальным крючком, щеткой или скребком.

Не облакачиваться на станок и не прижиматься к нему во время работы.

При образовании фонтанирующей стружки работать в очках или пользоваться защитным экраном.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Соблюдать порядок на рабочем месте: правильно укладывать заготовки и детали, не загромождать проходы, своевременно убирать стружку, следить, чтобы пол не заливался охлаждающей жидкостью и маслом, под ногами иметь сухую деревянную решетку.

Станок во время работы нельзя оставлять без надзора. При любом даже кратковременном прекращении работы выключать электродвигатель.

#### 5.2.2 Общие требования к монтажу опорно-поворотного устройства

ОП должна устанавливаться на обработанных поверхностях рам. Шероховатость поверхностей рам, сопрягаемых с ОП, должна быть не более Ra 20 по ГОСТ 2789.

На опорных поверхностях не допускаются забоины, натеки металла от сварки и другие дефекты, приводящие к отклонениям от плоскостности.

Отклонение от плоскостности опорных поверхностей, контактирующих с ОП, после механической обработки должно быть не более 0,0001 габаритного диаметра ОП. Общее отклонение от плоскостности поверхностей при действии максимально допустимых нагрузок должно быть не более 0,0005 габаритного диаметра ОП.

Перед установкой ОП все посадочные поверхности необходимо очистить от заусенцев, остатков краски, смазки и т.п. Правильность установки ОП должна быть проверена щупами.

Для обеспечения надежности соединения ОП с рамами изделия в процессе эксплуатации и при испытаниях целесообразно применение контргаек, а также шайб по ГОСТ 6958, установленных под головкой болтов и гайки. Шайбы должны быть изготовлены из стали по ГОСТ 4543, имеющей предел текучести не менее 900 МПа. Поверхность шайб, контактирующая с головками болтов и гайками, должна иметь шероховатость Ra 2,5 по ГОСТ 2789, не более.

Механические свойства присоединительных болтов должны быть не ниже класса прочности 10.9 по ГОСТ Р 52 627, а гаек класса 10 по ГОСТ Р 52 628. При

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

завертывании болта в резьбовое отверстие рамы изделия должна быть обеспечена равнопрочность резьбового соединения.

Количество установленных болтов должно соответствовать количеству отверстий в ОП.

При установке ОП на изделие должно быть обеспечено надежное стопорение от самоотворачивания присоединительных болтов.

ОП необходимо установить и закрепить так, чтобы обеспечить расположение знака "V" (место начал - конца термообработки) на кольцах (кольце) опоры в зоне минимальных рабочих нагрузок (в плоскости, перпендикулярной продольной оси машины).

Величина бокового зазора в самом узком месте зубчатого зацепления должны быть (0,03-0,04)м.

Общая линия контакта выходной шестерни механизма поворота и венца ОП должна быть не менее 80% общей ширины зубчатого венца ОП.

Затяжку болтов производить крест-накрест, обеспечивая усилие затяжки и момент затяжки на ключе.

### 5.2.3 Требования к персоналу

К эксплуатации оборудования и выполнения технологических процессов допускаются лица соответствующих профессий, специальности и квалификации, прошедшие обучение и инструктаж по охране труда.

К выполнению работ, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие профессиональные навыки, прошедшие обучения безопасным методам и приемам ведения таких работ и получившие соответствующие удостоверения.

Все работники организации, обязаны в соответствии с характером выполняемых работ, регулярно проходить инструктаж на рабочем месте и проверку знаний по охране труда.

Не реже одного раза в 12 месяцев должны проходить аттестацию и иметь удостоверение на право проведения этих работ.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Работники, пользующиеся предохранительными приспособлениями и средствами индивидуальной защиты (респираторами, противогазами и т.п.), должны проходить тренировку и специальный инструктаж по правилам пользования и способом проверки исправности этих средств и иметь навыки по их применению.

Порядок обучения, проверки знаний и допуска к работе персонала, связанного с обслуживанием *электроустановок*, должен соответствовать ПУЭ и ПТБ.

Электротехнический персонал (электромонтеры, техники), обслуживающие электроустановки, должны иметь квалификационную группу не ниже третьей.

Запрещается допуск к работе лиц, не прошедших в установленном порядке обучение, инструктаж и проверку знаний правил, норм и инструкций по охране труда.

#### 5.2.4 Требования к пожарной безопасности

Требования по обеспечению пожаробезопасности и соответствующие мероприятия по ее обеспечению излагаются в ГОСТ 12.1.004- 91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

На территории предприятия необходимо соблюдать правила пожарной безопасности. В каждом цехе или отделе помещение должно быть оборудовано планами эвакуации, телефонами с номером пожарной части, тревожной сигнализацией, огнетушителями, запасными выходами, стрелками выхода и входа при эвакуации.

Курение разрешено только в специально отведенных местах с оборудованным помещением, огнетушителем, вытяжкой, урной с водой и трудно воспламеняющейся отделкой помещения.

Руководители подразделений, цехов обязаны проводить инструктажи по пожарной безопасности на предприятии. После инструктажа рабочий обязан расписаться в соответствующем документе о прохождении инструктажа по пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

Рабочий должен знать как действовать при возникновении возгораний или ЧП: пути эвакуации, принятия мер по пожаротушению до приезда наряда, оказания первой доврачебной медицинской помощи, оповещение о пожаре.

При работе с легко воспламеняющимися маслами и смазочными материалами необходимо ставить таблички и дополнительную защиту (песок, воду, огнеупорные стенды или другое) на случай возгорания в зависимости от выполняемой работы.

При возгорании необходимо звонить по телефону 01, 112, 911 или по внутреннему телефону завода в пожарную часть. Номера телефонов обозначены на планах эвакуации или на самом телефоне.

Вывод по разделу пять

Проведение анализа опасных и вредных производственных факторов позволило определить предельно допустимые нормы по шуму, вибрации, микроклимату, смещенности, освещенности.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные подъемно – транспортные машины характеризуются широким диапазоном грузоподъемности, габаритов обслуживаемых площадей, высокой производительностью.

Количественных ограничений по базовым параметрам для современных подъемно – транспортных машин не существует. Их создают для любых условий возможного применения. Имеются только экономические ограничения. Сложные тяжелые машины стоят дорого и применять их целесообразно лишь в том случае, если можно загрузить настолько, чтобы они окупались за реальный срок эксплуатации до морального и физического износа.

Тенденции развития кранов следующие: увеличение выпуска кранов большой грузоподъемности при снижении выпуска кранов малой грузоподъемности, расширение применения гидравлического привода и специализированного электропривода, применение кранов манипуляторов для выполнения массовых строительных работ – погрузочно-разгрузочных и монтажных.

В данном дипломном проекте модернизирована конструкция опорно-поворотного оборудования автомобильного крана. При этом грузоподъемность крана увеличилась с 25 т. до 32 т.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Экономическое обоснование выявило перспективность производства автомобильного крана по сравнению с аналогом. Спроектированное дополнительное оборудование опорно-поворотного устройства по ряду технических показателей превосходит существующие аналоги.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Александров, М.П. Грузоподъемные машины. – М.: Высшая школа, 2000. – 354с.
- 2 Андриенко, Н.Н. Стреловые самоходные краны: В 2 т. Т.1. Основы расчета и конструирования. – Одесса: «Астопринт», 2001. – 262 с.
- 3 Астахов, А.И. Автомобильные краны. – М.: Высшая школа, 1969. – 472с.
- 4 Барсов, И.П. Строительные машины и оборудование. – М.: Стройиздат, 1986. – 236с.
- 5 Будрин, С.Б. Расчеты стреловых самоходных кранов: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1995. – 112 с.
- 6 Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов, – М.: Машиностроение, 1989. – 512 с.
- 7 Вахламов, В.К. Автомобили: Конструкция и эксплуатационные свойства: учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 184 с.
- 8 Галимзянов, Р.К. Теория автомобиля: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 256 с.

					<i>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

- 9 ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2008. – 41 с.
- 10 ГОСТ 18877-73. Резцы. Конструкция и размеры. Часть 1: Сб. ГОСТов.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 9 с.
- 11 ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
- 12 ГОСТ 18879-73. . Резцы. Конструкция и размеры. Часть 1: Сб. ГОСТов.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.
- 13 ГОСТ 13152-67. Приспособления станочные. Детали и узлы. Часть четвертая. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 131 с.
- 14 ГОСТ 12937-67. Приспособления станочные. Детали и узлы. Часть третья. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 114 с.
- 15 ГОСТ 13598-85. Втулки переходные для крепления инструмента с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 17 с.
- 16 ГОСТ 10903-77. Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 9с.
- 17 ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 32 с.
- 18 ГОСТ 17785-72. Пробки резьбовые со вставками двусторонние диаметром от 2 до 50 мм. Конструкция и основные размеры. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007. – 31 с.
- 19 ГОСТ 14953-80. Зенковки конические. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 18 с.
- 20 Зайцев Л.В., Полосин М.Д. Автомобильные краны. – М.: Высшая школа, 1987. – 388с.
- 21 Заслонов В.Г. Организационно-экономическая часть дипломного проекта: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 61 с.
- 22 Краткий справочник машиностроителя / под ред. С.А. Чернавского. – М.: "Машиностроение", 1996. – 675 с.

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

23 Литвинов, А.С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств / Литвинов, А.С., Фаробин, Я.Е. – М.: "Машиностроение", 1989. – 240 с.

24 Невзоров, Л.А. Краны башенные и автомобильные: Учеб. пособие для нач. проф. образования / Л.А. Невзоров, М.Д. Полосин. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 416 с.

25 Охрана окружающей среды / под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991. – 134 с.

26 Проектирование машиностроительных заводов и цехов. В 6 т. Т.6. / под ред. С.Е. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1975. – 245 с.

27 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – 2-е изд., испр. – М.: НТЦ ПБ, 2010. – 257 с.

28 Расчеты крановых механизмов и их деталей: научное издание / под ред. Р.А. Лалаянц, – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ВНИИПТМАШ "Машиностроение", 1971. – 495 с.

29 Ряхин, В.А. Металлические конструкции строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1972 г. – 309 с.

30 Соколов, С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.

31 Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; под общ. ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. – 536 с.

32 СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

Интернет ресурсы:

33 <http://kran-master74.promblogus.com/goods/364232>

34 <http://kranzapchast.tiu.ru/p25244629-oporno-povorotnoe-ustrojstvo.html>

35 [http://www.mashkran.ru/autocrane/opu\\_1451\\_40\\_1.php](http://www.mashkran.ru/autocrane/opu_1451_40_1.php)

					ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98



36 <http://www.uralst.ru/model.php?id=2015>

37 [www.cmz.ru](http://www.cmz.ru)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					<b>ЮУрГУ-190109.2016.502.00.00 ПЗ ВКР</b>			
Разраб.		Соловьев А.С			Модернизация опорно-поворотного устройства автокрана на базе Урал-4320 с целью повышения его грузоподъемности	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Окольников В.В					99	103
Н. Контр.		Дуюн В.И.				<b>ЮУрГУ КГМиА</b>		
Утверд.		Бондарь В.Н.						